



Omkostninger ved virkemidler til reduktion af landbrugets drivhusgasemissioner Opgjort i relation til EU's 2030-målsætning for det ikke-kvotebelagte område

Dubgaard, Alex; Ståhl, Lisa

Publication date:
2018

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Dubgaard, A., & Ståhl, L. (2018). *Omkostninger ved virkemidler til reduktion af landbrugets drivhusgasemissioner: Opgjort i relation til EU's 2030-målsætning for det ikke-kvotebelagte område*. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Rapport Nr. 271

IFRO Rapport



Omkostninger ved virkemidler til reduktion af landbrugets drivhusgasemissioner

Opgjort i relation til EU's 2030-målsætning
for det ikke-kvotebelagte område

Alex Dubgaard
Lisa Ståhl

IFRO Rapport 271

Omkostninger ved virkemidler til reduktion af landbrugets drivhusgasemissioner – Opgjort i relation til EU's 2030-målsætning for det ikke-kvotebelagte område

Forfattere: Alex Dubgaard, Lisa Ståhl

Udgivet september 2018

ISBN: 978-87-93768-00-0

Udarbejdet for henhold til aftalen mellem Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi og Miljø- og Fødevareministeriet om forskningsbaseret myndighedsberedskab

IFRO Rapport er en fortsættelse af serien FOI Rapport, som blev udgivet af Fødevareøkonomisk Institut. Se hele rapportserien på

http://www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/rapporter/

Se også myndighedsaftalte udredninger på

www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi

Københavns Universitet

Rolighedsvej 25

1958 Frederiksberg C

www.ifro.ku.dk

Indholdsfortegnelse

Forord.....	1
DEL I.....	2
1. OPGAVEBESKRIVELSE OG HOVEDRESULTATER.....	2
1.1. Opgavebeskrivelse.....	2
1.2. Virkemidler til reduktion af drivhusgasudledninger.....	3
1.2.1. Implementeringsinstrumenter.....	3
1.3. Opgørelse af drivhusgasreduktionspotentialer og sideeffekter.....	5
1.3.1. Territorialprincippet for opgørelse af drivhusgasudledninger.....	5
1.3.2. Drivhusgasreduktionspotentialer.....	5
1.3.3. Sideeffekter.....	8
1.4. Budget- og samfundsøkonomiske analyser.....	9
1.4.1. Beregningsforudsætninger.....	9
1.4.2. Budgetøkonomiske analyser.....	11
1.4.3. Samfundsøkonomiske analyser.....	14
1.4.4. Oversigt over samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger/CO ₂ -skyggepriser.....	14
2. FREMSKRIVNING AF PRODUKTIONS- OG PRISUDVIKLINGEN I LANDBRUGET.....	23
2.1. Forventet udvikling i husdyrproduktion og arealanvendelse.....	23
2.1.1. Husdyrproduktionen.....	23
2.1.2. Arealanvendelsen.....	25
2.1.3. Sammenfatning af den forventede udvikling i husdyrproduktion og arealanvendelse.....	25
2.2. Prisforudsætninger for energi- og landbrugsvarer.....	26
2.2.1. Energifriser.....	26
2.2.2. Forventet udvikling i realpriserne på fodermidler.....	28
2.2.3. Forventet udvikling i realpriserne på landbrugets salgsprodukter.....	29
2.3. Jordrenteberegninger.....	31
2.3.1. Produktivitetsudviklingen i planteproduktionen.....	31
2.3.2. Beregnede jordrenter for standardsædskifter.....	32
Referencer.....	34
DEL II.....	35
3. OMKOSTNINGSBEREGNINGER FOR VIRKEMIDLER.....	35
3.1. Biogas og biogas med hyppigt udsluset kvæggylle og kølet svinegylle.....	35
3.1.1. Beskrivelse af virkemiddel.....	35
3.1.2. Opgørelse af klimaeffekter.....	45
3.1.3. Budgetøkonomiske effekter.....	53
3.1.4. Velfærdsøkonomiske effekter.....	66
3.1.5. Følsomhedsanalyser.....	75
3.1.6. Scenarie med hyppigt udsluset hhv. kølet gylle.....	76

3.1.7.	Samlet vurdering.....	89
3.1.8.	Referencer.....	93
3.2.	Forsuring af gylle i stalden	97
3.2.1.	Beskrivelse af virkemiddel	97
3.2.2.	Opgørelse af klimaeffekter	102
3.2.3.	Budgetøkonomiske effekter.....	107
3.2.4.	Velfærdsøkonomiske effekter.....	115
3.2.5.	Følsomhedsanalyser.....	121
3.2.6.	Samlet vurdering.....	122
3.2.7.	Referencer.....	123
3.3.	Fodring med øget fedt og kraftfoder, malkekøer	125
3.3.1.	Beskrivelse af virkemiddel	125
3.3.2.	Opgørelse af klimaeffekter	128
3.3.3.	Budgetøkonomiske effekter.....	131
3.3.4.	Velfærdsøkonomiske effekter.....	137
3.3.5.	Følsomhedsanalyser.....	140
3.3.6.	Kompensationsscenario	141
3.3.7.	Samlet vurdering.....	146
3.3.8.	Referencer.....	147
3.4.	Fodring med øget fedt, malkekvægsopdræt.....	149
3.4.1.	Beskrivelse af virkemiddel	149
3.4.2.	Opgørelse af klimaeffekter	152
3.4.3.	Budgetøkonomiske effekter.....	154
3.4.4.	Velfærdsøkonomiske effekter.....	160
3.4.5.	Følsomhedsanalyser.....	162
3.4.6.	Samlet vurdering.....	163
3.4.7.	Referencer.....	164
3.5.	Nitrifikationshæmmere til handelsgødning.....	165
3.5.1.	Beskrivelse af virkemiddel	165
3.5.2.	Opgørelse af klimaeffekter	172
3.5.3.	Budgetøkonomiske effekter.....	174
3.5.4.	Velfærdsøkonomiske effekter.....	179
3.5.5.	Følsomhedsanalyser.....	182
3.5.6.	Kompensationsscenarium	183
3.5.7.	Samlet vurdering.....	191
3.5.8.	Referencer.....	193
3.6.	Nitrifikationshæmmere til husdyrgødning.....	195
3.6.1.	Beskrivelse af virkemiddel	195
3.6.2.	Opgørelse af klimaeffekter	200
3.6.3.	Budgetøkonomiske effekter.....	203
3.6.4.	Velfærdsøkonomiske effekter.....	211
3.6.5.	Følsomhedsanalyser.....	216
3.6.6.	Samlet vurdering.....	218
3.6.7.	Referencer.....	220
3.7.	Udtagning af organogen jord	221
3.7.1.	Beskrivelse af virkemidlet Udtagning af organogene jorder	221
3.7.2.	Beskrivelse af udtagning med ophør af dræning og gødskning	223
3.7.3.	Opgørelse af klimaeffekter ved udtagning med ophør af dræning og gødskning	226
3.7.4.	Budgetøkonomiske effekter ved udtagning med ophør af dræning og gødskning.....	229
3.7.5.	Velfærdsøkonomiske effekter ved udtagning med ophør af dræning og gødskning	237
3.7.6.	Følsomhedsanalyser for udtagning med ophør af dræning og gødskning	240
3.7.7.	Samlet vurdering af virkemidlet Udtagning med ophør af dræning og gødskning.....	241

3.7.8.	Beskrivelse af virkemidlet Udtagning med fortsat dræning med eller uden gødskning	242
3.7.9.	Budgetøkonomiske omkostninger ved udtagning med fortsat dræning	246
3.7.10.	Velfærdsøkonomiske effekter ved udtagning med fortsat dræning	250
3.7.11.	Følsomhedsanalyser for udtagning med fortsat dræning	255
3.7.12.	Samlet vurdering af udtagning med fortsat dræning og med eller uden gødskning	256
3.7.13.	Referencer	257

ENGLISH SUMMARY 259

GHG mitigation measures related to agriculture.....	259
Assumptions and definitions	260
The analysis is based on the welfare economic principles outlined in the following.....	260
Calculated GHG abatement costs	263
Stable acidification of slurry	265
References.....	267

APPENDIKS 1 268

Jordrentefremskrivninger	268
--------------------------------	-----

APPENDIKS 2 273

Biogastilskud og afgiftsbesparelser	273
---	-----

Forord

Rapporten indeholder drifts- og samfundsøkonomiske omkostningsanalyser af syv virkemidler til reduktion af landbrugets udledning af drivhusgasser. Arbejdet er udført for Miljø- og Fødevareministeriet af Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi (IFRO) som en del af instituttets myndighedsrådgivning. Resultaterne skal bidrage til at belyse de potentielle omkostninger for Danmark ved en række virkemidler til opfyldelse af EU's 2030 klimamålsætning inden for det ikke-kvotebelagte område.

Analyserne i denne rapport er en videreførelse af beregninger i IFROs rapport nr. 221 fra 2013. Der er siden sket væsentlige ændringer i de samfundsøkonomiske analyseforudsætninger samt en række baggrundsantagelser om produktionssammenhænge og prisudvikling, som der er gjort nærmere rede for i rapporten.

Data for potentialer for reduktion af drivhusgasudledninger og andre miljøeffekter er leveret af Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA) i samarbejde med Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) begge ved Aarhus Universitet. Disse analyser er offentliggjort i DCA-rapporten: Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser. DCA har endvidere ydet kvalitetskontrol på anvendelsen af de leverede data i de økonomiske beregninger.

Resultaterne af analysearbejde er blevet diskuteret løbende med en faglig følgegruppe nedsat af Miljø- og Fødevareministeriet, som også har leveret oplysninger af teknisk karakter. Det gælder ikke mindst eksperter fra Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. Skatteministeriet har bidraget med oplysninger om EU-regler for erhvervsrettede afgifter og tilskud. Derudover er der modtaget nyttige faglige kommentarer til et rapportudkast med foreløbige analyseresultater fra SEGES, Landbrug & Fødevarer. En særlig tak skal rettes til Brian Jacobsen, Jens Erik Ørum og Jørgen Dejgård Jensen fra IFRO for faglige input og sparring under arbejdsprocessen.

Alex Dubgaard, projektansvarlig
August, 2018

DEL I

1. OPGAVEBESKRIVELSE OG HOVEDRESULTATER

Rapporten er opdelt i en DEL I og en DEL II. DEL I giver en beskrivelse af udredningsopgavens indhold og beregningsforudsætninger samt en gennemgang af hovedresultaterne. DEL II indeholder detaljerede beskrivelser af analyserne af de enkelte virkemidler.

1.1. Opgavebeskrivelse

Rapporten indeholder omkostningsanalyser af syv virkemidler til reduktion af landbrugets udledning af drivhusgasser, samt yderligere syv underopdelinger af disse hovedkategorier. Virkemidlerne kan understøtte realisering af EU's 2030-målsætning inden for det ikke-kvotebelagte område, som for Danmark omfatter en reduktion i drivhusgasudledninger på 39 procent i 2030 i forhold til 2005.¹ Analyserne bidrager til at belyse de potentielle omkostninger for landbruget og samfundet ved implementering af de pågældende klimavirkemidler. Arbejdet bygger videre på IFRO's Rapport 221 fra 2013.²

De syv virkemidler er udvalgt blandt et større antal tiltag til reduktion af landbrugets udledning af drivhusgasser beskrevet i DCA's rapport: Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser (Olesen et al., 2018). Udvælgelse af et begrænset antal tiltag til de økonomiske analyser var nødvendig af tids- og budgetmæssige grunde. Ved udvælgelsen er der lagt vægt på at inddrage virkemidler, der ikke vil blive belyst gennem andre analyser, samt på hvilke virkemidler der er færrest barrierer for at implementere.

En del forudsætninger er ændret, siden analyserne i Rapport 221 blev gennemført. Baggrunden for de daværende beregninger var en politisk målsætning, som inddrog drivhusgasreduktionerne i de ikke-kvoteomfattede såvel som de kvoteomfattede sektorer i EU's kvotehandelssystem (EU ETS). Baggrunden for de nuværende beregninger er en reduktionsmålsætning, der – i overensstemmelse med EU's klimapolitiske krav – alene gælder de ikke-kvoteomfattede sektorer, dvs. landbrug, boliger og transport. Nogle tiltag, som f.eks. biogas, reducerer drivhusgasudledningerne i de kvoteomfattede såvel som de ikke-kvoteomfattede sektorer. I sådanne tilfælde er det kun reduktionen i de ikke-kvoteomfattede sektorer, der indgår i virkemidlets reduktionspotentiale. Den mængde drivhusgas, der fortrænges i de kvoteomfattede sektorer, indgår i beregningerne med den økonomiske værdi, som de frigjorte CO₂-kvoter forventes at have på kvotemarkedet.

En anden væsentlig forudsætning, der er ændret siden Rapport 221, er størrelsen af skatteforvriddningstab fastsat af Finansministeriet. I Rapport 221 blev der benyttet et generelt skatteforvriddningstab på 20 procent af finansieringsbehovet, mens det landbrugsspecifikke forvriddningstab var 18 procent af eventuelle meromkostninger for landbruget som følge af de analyserede klimatiltag. I den

¹ Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet: Klimaindsatsen i Danmark. <http://efkm.dk/klima-og-vejr/klimaindsatsen-i-danmark/>

² Offentliggjort i IFRO-Rapport nr. 221 (Dubgaard et al., 2013). I det følgende referes der til denne publikation som "Rapport 221".

aktuelle analyse benyttes et generelt skatteforvridningstab på 10 procent, i overensstemmelse med Finansministeriets nyeste vejledning (Finansministeriet, 2017), og et deraf afledt landbrugsspecifikt forvridningstab på 9 procent (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

1.2. Virkemidler til reduktion af drivhusgasudledninger

Der skelnes i analysen mellem tekniske tiltag, som medfører en drivhusgasreduktion, og adfærdsregulerende instrumenter, der sikrer eller bidrager til implementering af tiltaget. Et virkemiddel defineres som enten et instrument alene eller et teknisk tiltag med tilhørende implementeringsinstrument (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Beregningerne omfatter følgende virkemidler:

1. Biogasproduktion fra (yderligere) 36 procent af gyllemængden.
 - a. Samme, men med køling af svinegylle og hyppig udslusning af kvæggylle.
2. Forsuring af konventionel gylle med svovlsyre i stalden med underopdeling på:
 - a. svinegylle og
 - b. kvæggylle.
3. Øget andel af kraftfoder, fedt og letfordøjeligt grovfoder til konventionelle malkekøer.
4. Øget andel af fedt i foderrationen til konventionelt malkekvægsopdræt.
5. Nitrifikationshæmmere tilsat handelsgødning.
6. Nitrifikationshæmmere tilsat konventionel gylle med underopdelinger på:
 - a. sandjord og
 - b. lerjord.
7. Udtagning af organogene jorder i omdrift med ophør af dræning og gødskning.
 - a. Udtagning med fortsat dræning, men ophør af gødskning.
 - b. Udtagning med fortsat dræning og gødskning.

Virkemidler til reduktion af drivhusgasudledningerne fra landbruget kan opdeles i to kategorier: 1) udnyttelse af restprodukter (f.eks. husdyrgødning) og ændringer i produktionsteknologien, der reducerer emissionerne per produceret enhed eller per hektar, og 2) udledningsreduktioner opnået gennem nedsættelse af produktionsomfanget. Virkemidlerne 1-6 tilhører den første kategori, mens udtagning af organogene jorder i omdrift tilhører den anden.

1.2.1. Implementeringsinstrumenter

Analyserne af de forskellige virkemidler omfatter en vurdering af relevante instrumenter til implementering af de tekniske tiltag. Det primære relevanskriterium i miljøøkonomien er muligheden for at opnå reguleringsmæssig efficiens i form af en omkostningsminimerende realisering af en politisk fastsat målsætning. Her betragtes økonomiske implementeringsinstrumenter i form af afgifter, tilskud og omsættelige forureningstilladelser generelt som de mest omkostningseffektive. Regelstyring i form af påbud og forbud giver derimod ikke de samme muligheder for en omkostningseffektiv implementering af tiltag.

I nærværende analyse har det dog vist sig, at det kan være vanskeligt at anvende økonomiske instrumenter til implementering af teknologiske ændringer i landbruget. Det skyldes ikke mindst EU-regler for erhvervsrettede afgifter og tilskud. Implementeringsinstrumenterne er derfor primært valgt ud fra

hensyn til praktiske forhold og lovgivningsmæssige begrænsninger og i mindre grad ud fra et kriterium om omkostningseffektivitet. Der er ikke tale om implementeringsanalyser, og der vil være en række forhold vedr. implementeringsinstrumenter, som skal analyseres nærmere.

Tabel 1.1 viser, hvilke implementeringsinstrumenter der er knyttet til de enkelte tiltag. Instrumenterne omfatter tilskud til biogas som adfærdsregulerende instrument, mens der for gylleforsuring, nitrifikationshæmmere og ændret fodersammensætning forudsættes regelstyring i form af krav om specifikke ændringer. Regelstyringsinstrumenterne omfatter påbud uden eller med kompensation for øgede driftsomkostninger. Den forudsatte kompensation må ikke forveksles med subsidier som adfærdsregulerende styringsinstrument, hvor landmændene selv vælger, om de vil indgå i ordningen. For regelstyring med kompensation er det ikke muligt at fravælge ordningen, selvom kompensationen eventuelt opfattes som utilstrækkelig. Hvad angår kompensation for omkostningerne ved et lovkrav, skal det bemærkes, at den nuværende EU-regulering som hovedregel kun giver mulighed for kompensation af frivillige indsatser. Det er uvist, hvad regelgrundlaget herfor vil være efter 2020, hvor den nuværende EU-reformperiode udløber (pers. medd., Erik Nielsen, Landbrugsstyrelsen).

Tabel 1.1. Implementeringsinstrumenter knyttet til tiltag

Tiltag		Implementeringsinstrument
1.	Biogas af gylle	Fastholdelse af nuværende tilskudssystem ¹⁾
1.a	Biogas m. kølet svinegylle og hyppigt udsluset kvæggylle	Fastholdelse af nuværende tilskudssystem samt regelstyring for teknologianvendelse
2.	Forsuring af konventionel gylle i stalden	Regelstyring uden kompensation
3.	Nitrifikationshæmmere til handelsgødning	Regelstyring med og uden kompensation
4.	Nitrifikationshæmmere til konventionel gylle	Regelstyring uden kompensation
5.	Ændret fodersammensætning til konventionelle malkekøer	Regelstyring med og uden kompensation
6.	Ændret foder til konventionelt malkekvægsopdræt	Regelstyring uden kompensation
7.	Udtagning af organogene jorder til græs med ophør af dræning og gødskning	Med kompensation
7.a	Udtagning af organogene jorder til græs med fortsat dræning, men ophør af gødskning	Med kompensation
7.b	Udtagning af organogene jorder til græs med fortsat dræning og gødskning	Med kompensation

¹⁾ Efter afslutningen af analyserne i denne rapport er der vedtaget ændringer i støtten til fremtidig udbygning af biogas, som omtales i rapportens biogaskapitel.

Det primære formål med at inddrage kompensation er at vise, hvordan dette påvirker de samfunds-mæssige omkostninger pga. af forskellige forvridningstab for hhv. staten og landbruget. For tiltaget nitrifikationshæmmere til handelsgødning spiller kompensation/fravær af kompensation en indirekte rolle for effekten af tiltaget gennem påvirkning af kvælstofforbruget.

1.3. Opgørelse af drivhusgasreduktionspotentialer og sideeffekter

1.3.1. Territorialprincippet for opgørelse af drivhusgasudledninger

EU's klima- og energipolitik såvel som Paris-aftalen anvender et territorialprincip ved fastlæggelse af drivhusgasudledninger, hvor et lands emissioner opgøres som de udledninger, der finder sted ifm. anvendelse af fossil energi og andre drivhusgasfrembringende aktiviteter inden for det enkelte lands grænser. Det vil sige, at alle drivhusgasemissioner i forbindelse med produktion af varer og tjenester til indenlandsk anvendelse såvel som til eksport indgår i et lands drivhusgasopgørelse. Derimod indregnes udenlandske emissioner ved produktionen og transport af importvarer ikke i importlandets drivhusgasopgørelse. Dermed undgås dobbeltregning på internationalt niveau. Territorialprincippet betyder, at det ikke er relevant at beregne drivhusgasudledninger ved anvendelse af livscyklusanalyser, der medtager samtlige emissioner, uanset om emissionerne sker i forbindelse med aktiviteter i udlandet eller hjemlandet.

1.3.2. Drivhusgasreduktionspotentialer

Et tiltags reduktionspotentialer opgøres i CO₂-ækvivalenter som summen af tiltagets effekter på udledningen af metan (CH₄), lattergas (N₂O) og kuldioxid (CO₂), herunder ændringer i landbrugsjordens kulstofindhold. Undersøgelsen medtager ikke de forventede effekter af politiske beslutninger, der allerede er truffet på klimaområdet. Potentialerne for de enkelte tiltag, der er estimeret af DCA, er derfor opgjort som mulige reduktionsforøgelse i forhold til en baseline, som viser de forventede effekter af allerede trufne politiske beslutninger (Olesen et al., 2018).

Ifølge beregningsforudsætningerne skal reduktionspotentialerne opgøres både inklusive og eksklusive effekter på jordens kulstoflagring (LULUCF³). Dermed kan der tages højde for de muligheder og begrænsninger, som EU har sat for at inddrage forbedringer i jordens kulstofbalance – de såkaldte LULUCF-kreditter – i Danmarks opfyldelse af EU's 2030-mål på det ikke-kvoteomfattede område (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

For de fleste af tiltagene findes der ikke økonomiske modeller, som kan anvendes til beregninger af økonomisk optimale reduktionspotentialer. I stedet er der opstillet skøn over potentialerne defineret som de ekstra reduktioner, det vurderes muligt at gennemføre uden en væsentlig stigning i enhedsomkostningerne ved tiltagene. Skønnene er baseret på ekspertvurderinger foretaget af DCA ud fra teknisk og landbrugsfaglig viden.

I tabel 1.2 ses de forudsatte reduktionspotentialer i CO₂-ækv. for de forskellige tiltag samt størrelsen af eventuelle sideeffekter i form af reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen og/eller reduceret ammoniakfordampning. Reduktionspotentialerne er additive for de syv virkemiddelnumre uden under-

³ LULUCF står for Land Use, Land-Use Change and Forestry, kilde: http://unfccc.int/land_use_and_climate_change/lu-lucf/items/1084.php

opdelinger, mens underopdelingernes potentialer er overlappende med hovednummerets. Virkemidlerne grupperet i hovedkategorier gennemgås i det følgende efter størrelsen af drivhusgasreduktionspotentialerne.

Udtagning af organogene jorder: Det største drivhusgasreduktionspotentiale knytter sig til virkemiddel nr. 7 Udtagning af organogene jorder til ekstensivt græs med ophør af dræning og gødskning. Udtagningen omfatter 44.700 ha, hvoraf organogene jorder i omdrift udgør 35.300 ha (75 procent) af det udtagne areal, mens de resterende 9.400 ha (25 procent) omfatter arealer med permanent græs. Drivhusgasreduktionspotentialet er opgjort til 1.352 tusind ton CO₂-ækv./år ved fuld implementering i 2030. Reduktionen skyldes først og fremmest øget kulstofbinding i jorden ved ophør med dræning og i mindre omfang reduceret lattergasudledning som følge af bortfald af gødskning (med kvælstof) samt reduceret brændstofforbrug ved ophør med dyrkning i omdriften. Hvis kulstofbinding ikke medtages, bliver reduktionspotentialet negativt. Det skyldes, at øget udledning af metan som følge af ophør med dræning overstiger effekten af lattergasreduktioner og reduceret brændstofforbrug. Som nævnt ovenfor er mulighederne for at medtage øget kulstofbinding i opfyldelsen af reduktionsmålet for 2030 begrænset af den mængde LULUCF-kreditter, som Danmark er blevet tildelt af EU.

Undergrupperingerne 7.a og 7.b af virkemidlet Udtagning af organogene jorder omfatter alene udtagning af de 35.300 ha organogene jorder, der er i omdrift. Arealerne omlægges til permanent græs, men med fortsat dræning – i det ene tilfælde (7.a) med ophør af gødskning og i det andet (7.b) med fortsat gødskning. Fortsat dræning indebærer et betydeligt mindre reduktionspotentiale per hektar pga. mindre kulstofbinding i jorden. For virkemiddel 7.a med ophør af gødskning udgør reduktionspotentialet 393 tusind ton CO₂-ækv./år. For virkemiddel 7.b med fortsat gødskning falder reduktionspotentialet til 355 tusind ton CO₂-ækv./år. Det skyldes primært, at reduktionen i udledningen af lattergas er mindre ved fortsat gødskning. Da dræning af arealerne fortsætter, er der ikke tale om, at øget udledning af metan overstiger effekten af lattergasreduktioner og reduceret brændstofforbrug. For 7.a og 7.b er der således en beskeden (positiv) drivhusgasreduktionseffekt, selvom kulstofbinding ikke medtages. Reduktionspotentialerne er dog så små, at også 7.a og 7.b må betragtes som irrelevante mht. opfyldelse af 2030-målsætningen, hvis der ikke er mulighed for at inddrage øget kulstofbinding.

Nitrifikationshæmmere: Virkemiddel nr. 5 involverer et krav om, at 90 procent af den kvælstofholdige handelsgødning skal tilsættes nitrifikationshæmmere. Reduktionspotentialet på 496 tusind ton CO₂-ækv./år er det næststørste efter Udtagning af organogene jorder med ophør af dræning og gødskning. Reduktionen skyldes først og fremmest en nedgang i lattergasudledningen ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til kvælstofholdig gødning. Dertil kommer, at den afledte prisforøgelse på kvælstofgødning reducerer det optimale kvælstofforbrug. Det reducerer lattergasemissionerne yderligere. Som det fremgår af 5.a, aftager reduktionspotentialet til 463 tusind ton CO₂-ækv./år, hvis der gives kompensation for landbrugets omkostninger ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til kvælstofgødning. Det skyldes, at der ikke er incitament til at reducere kvælstofforbruget, når landmændene ikke oplever en stigning i gødningsprisen. Virkemiddel nr. 6 omfatter et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til al konventionel gylle (økologiske dyrkningsregler tillader ikke tilsætning af nitrifikationshæmmere). Reduktionspotentialet er opgjort til 213 tusind ton CO₂-ækv./år.

Tabel 1.2. Drivhusgasreduktionspotentialer, reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen og reduceret ammoniakfordampning

Virkemidler		Implementerings-potentiale, 2030	Reduktion af drivhusgasser, 2030, 1.000 ton CO ₂ -ækv. inkl. kulstoflagring	Reduktion af drivhusgasser, 2030, 1.000 ton CO ₂ -ækv. ekskl. kulstoflagring	Reduktion af kvælstof-udvaskning, 2030, ton N	Reduktion af ammoniakfordampning, 2030, ton NH ₃ -N
1.	Biogasproduktion, 36 % af gyllemængden	14,9 mio. ton	244	260	1.370	i.r.
1.a	Samme, med kølet svinegylle og hyppigt udsluset kvæggylle	14,9 mio. ton	377	353	1.370	i.r.
2.	Forsuring af konv. gylle i stalden, samlet	6,6 mio. ton	176	176	i.r.	3.700
2.a	Heraf svinegylle	3,2 mio. ton	128	128	i.r.	2.100
2.b	Heraf kvæggylle	3,4 mio. ton	48	48	i.r.	1.600
3.	Fodring med øget fedt og kraftfoder, konv. malkekøer	459.068 dyr	158	158	i.r.	i.r.
3.a	Samme, men med kompensati-on	459.068 dyr	158	158	i.r.	i.r.
4.	Fodring med øget fedt, konv. malkekvægsopdræt	333.166 dyr	16	16	i.r.	i.r.
5.	Nitrifikationshæmmere til handelsgødning	237.600 ton N	496	496	1.980	149
5.a	Samme, men med kompensati-on	247.500 ton N	463	463	i.r.	i.r.
6.	Nitrifikationshæmmere til konv. gylle, samlet	110.929 ton N	213	213	2.398	i.r.
6.a	Heraf sandjord	83.387ton N	162	162	2.398	i.r.
6.b	Heraf lerjord	27.542ton N	52	52	i.r.	i.r.
7.	Udtagning af organogene jor-der med ophør af dræning og gødskning	47.400 ha	1.352	i.r.	2.673	119
7.a	Udtagning af organogene jor-der med fortsat dræning, op-hør af gødskning	35.300 ha	355	27	777	i.r.
7.b	Udtagning af organogene jor-der med fortsat dræning og gødskning	35.300 ha	393	64	1.765	89
Reduktionspotentialer i alt for hovedgrupperne 1-7		i.r.	2.655	1.319	8.421	3.819

Note: i.r.= irrelevant; tiltaget påvirker ikke den pågældende sideeffekt.

Kilde: Olesen et al. (2018)

Biogas: Virkemiddel nr. 1 omfatter biogasproduktion fra 36 procent af gyllemængden. Bioafgasning af gylle reducerer udledningerne af drivhusgasserne CO₂ (ved at biogas fortrænger fossile brændsler) og metan fra lagringen af gylle. Reduktionspotentiallet (i ikke-kvotesektoren) er på 244 tusind ton CO₂-ækv./år ved fuld implementering. Derudover reducerer virkemidlet CO₂-udledningen i kvotesektoren med 95 tusind ton CO₂-ækv. netto ved fortrængning af fossilt brændsel. Undergrupperingen 1.a viser, at reduktionspotentiallet ved bioafgasning af 36 procent af gyllemængden kan forøges til 337 tusind ton CO₂-ækv. (i ikke-kvotesektoren) ved hhv. hyppig udslusning og køling af gyllen, før den anvendes i biogasproduktionen. Det kræver dog yderligere regulering at sikre disse supplerende tiltag.

Gylleforsuring i stalden: Virkemiddel nr. 2 omfatter et krav om staldforsuring af 16 procent af gyllemængden (med svovlsyre). Reduktionspotentiallet i form af reduceret metanudledning er opgjort til 176 tusind ton CO₂-ækv./år, fordelt med 48 tusind og 128 tusind ton på hhv. kvæg- og svinegylle. Potentialerne for virkemidlerne biogas og forsuring er fastlagt under en forudsætning om, at forsuring med svovlsyre udelukker anvendelse af gyllen i biogasproduktion.

Ændret fodersammensætning til malkekvæg: Denne kategori omfatter ændret fodersammensætning til hhv. malkekøer og malkekvægsopdræt med henblik på at reducere metanudledningen fra dyrenes fordøjelse. Virkemiddel nr. 3 involverer et krav om øget andel af kraftfoder, fedt og letfordøjeligt grovfoder i foderrationen til konventionelle malkekøer. Reduktionspotentiallet er opgjort til 158 tusind ton CO₂-ækv./år. Virkemiddel nr. 4 omfatter konventionelt malkekvægsopdræt. Her er der tale om øget andel af (vegetabilsk) fedt i foderet. Reduktionspotentiallet er opgjort til 16 tusind ton CO₂-ækv./år.

Det samlede reduktionspotentiale for de syv virkemidler (uden underopdelinger) udgør 2,7 mio. ton CO₂-ækv./år i 2030, når kulstofbinding i jorden medregnes. Uden medtagelse af kulstofbinding bliver det samlede reduktionspotentiale 1,3 mio. ton CO₂-ækv./år.⁴

1.3.3. Sideeffekter

Som det fremgår af tabel 1.2, har nogle af virkemidlerne sideeffekter i form af reduceret kvælstofudvaskning og reduceret ammoniakfordampning – ud over drivhusgasreduktioner. Sideeffekten udvaskning er opgjort som reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen. Hvad reduceret ammoniakfordampning angår, er det kun forsuring af gylle i stalden, der har en væsentlig effekt. Her er der tale om en reduktion på 3.700 ton NH₃-N. Derudover giver udtagning af organogene jorder med ophør af gødskning mindre reduktioner i ammoniakfordampningen.

For kvælstofudvaskningens vedkommende er det største reduktionspotentiale på 2.673 ton N knyttet til virkemiddel nr. 7 Udtagning af organogene jorder til ekstensivt græs med ophør af dræning og gødskning. Herefter følger Nitrifikationshæmmere til konventionel gylle og Nitrifikationshæmmere til handelsgødningskvælstof med hhv. 2.398 og 1.980 ton N i reduceret udvaskning. For gylle reduceres kvælstofudvaskningen ved anvendelse til majs på sandjord, men ikke ved andre anvendelser. For handelsgødningskvælstof skyldes nedgangen i udvaskning alene den reducerede kvælstoftilførsel som følge af højere kvælstofpris, når der stilles krav om tilsætning af nitrifikationshæmmer. Kompenserer landmændene for denne meromkostning, bortfalder kvælstofreduktionen og dermed sideeffekten, som det fremgår af 5.a. i tabel 1.2. Også virkemidlet Biogasproduktion reducerer kvælstofudvaskningen. Det skyldes, at der er mindre udvaskning fra afgasset gylle end fra ubehandlet gylle ved udbringning på marken. Ved afgasning af 36 procent af gyllemængden er udvaskningsreduktionen beregnet til 1.370 ton N i 2030.

⁴ Til sammenligning forventer Energistyrelsen en manko for den ikke-kvoteomfattede sektor på mellem 5 og 8 mio. ton i året 2030. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/notat_om_ny_vurdering_af_non-ets_manko_2021-2030.pdf

Det samlede potentiale for de syv virkemidler (uden underopdelinger) er opgjort til godt 8.400 ton reduceret N-udvaskning fra rodzonen i 2030. I gennemsnit for hele Danmark omdannes 70 procent af det kvælstof, der forlader rodzonen, undervejs til kystoplandene (Jacobsen, 2017). De opgjorte ca. 8.400 ton N fra rodzonen svarer således til en gennemsnitlig reduktion af udledningerne til kystvand på ca. 2.500 ton N.⁵ Der er betydelige regionale variationer, og hermed også betydelige variationer i klimavirkemidlers bidrag til opfyldelse af kvælstofmålsætninger i de enkelte vandoplande.

1.4. Budget- og samfundsøkonomiske analyser

1.4.1. Beregningsforudsætninger

Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet har udarbejdet et metodenotat til brug for samfundsøkonomiske analyser af potentielle virkemidler til opfyldelse af EU's 2030-krav om reduktion af Danmarks drivhusgasudledninger inden for det ikke-kvotebelagte område (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Hvad de grundlæggende økonomiske analysekriterier angår, bygger metodenotatet på Finansministeriets *Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger* fra 2017. Nærværende analyse er gennemført i overensstemmelse med kriterierne i disse to vejledninger. Det betyder, at:

- Der indgår to beregningsperioder, hvor der medtages drivhusgaseffekter:
 - 10-årig periode 2021-2030
 - 30-årig periode 2021-2050.
- Der diskonteres til år 2020 (år ”nul”).
 - Startes implementeringen tidligere fremdiskonteres nettoudgifterne til 2020.
- Der regnes (som hovedregel) i 2017-priser.
- I de samfundsøkonomiske beregninger forøges faktorpriserne med en nettoafgiftsfaktor (NAF) på 1,325.
- Der anvendes en diskonteringsrente på 4,00 procent.
- Et generelt skatteforvridningstab på 10 procent.
- Et landbrugsspecifikt skatteforvridningstab på 9 procent.

Beregningsperioder: EU-målet for drivhusgasreduktioner i ikke-kvotesektoren er for perioden 2021-2030, hvor Danmark i 2030 skal have reduceret sin udledning af drivhusgasser med 39 procent i forhold til 2005. Hovedresultaterne i form af CO₂-skyggepriser præsenteres for den 30-årige periode 2021-2050. Den 30-årige beregningsperiode benyttes for at sikre, at den tidsmæssige dimension er tilstrækkelig lang til, at alle væsentlige fordele og omkostninger ved de enkelte virkemidler medtages, herunder den tekniske levetid for anlægsinvesteringer og CO₂-reduktioner efter 2030 (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

⁵ Danmark er som følge af EU-direktiver forpligtiget til at reducere kvælstofudledningen til vandmiljøet. EU-kravene omfatter bl.a. en reduktion af kvælstofudledningen til kystvand på ca. 7.000 ton frem mod 2021 (Miljø- og Fødevareministeriet, <https://www.regeringen.dk/nyheder/aftale-om-fremtidens-miljoeregler-for-landbruget/>).

Prisforudsætninger og prisfremskrivninger: Beregningerne foretages som hovedregel i 2017-priser. Dvs. at de relative priser generelt forudsættes uændrede gennem hele analyseperioden 2021-2050. Det gælder dog ikke energi- og landbrugspriserne, som spiller en særligt stor rolle i nærværende analyser. For energi benyttes Energistyrelsen fremskrivning af realpriserne på disse produkter i perioden frem til 2040, hvorefter realpriserne forudsættes konstante. For landbrugsprodukter (primært korn og raps) er der foretaget en realprisfremskrivning til 2030 baseret på EU-landbrugsmodellen AGMEMOD i Jensen (2017) samt prisfremskrivninger fra OECD og FAO i OECD/FAO (2016). Omkostningerne ved udtagning eller ændret anvendelse af landbrugsjord opgøres som reduktion i jordrenten. Principielt svarer jordrenten til den forpagtningsafgift, der kan betales for jord af en given dyrkningsværdi. Det bemærkes, at fremskrivningen af priser er forbundet med betydelig usikkerhed.

Samfundsøkonomisk værdi af sideeffekter: Nogle af de drivhusgasreducerende tiltag har som nævnt sideeffekter, primært i form af mindre belastning af vandmiljøet med kvælstof og reduceret ammoniakfordampning. Den samfundsmæssige værdi af (positive) sideeffekter indgår (som en reduktion) i nettoomkostningerne ved drivhusgasreduktioner. Danmark er som følge af EU-direktiver forpligtet til at reducere kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning. Værdien af sideeffekterne reduceret kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning kan derfor opgøres som de marginale reduktionsomkostninger (skyggeprisen) ved at realisere forpligtelserne (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

CO₂-skyggepriserne for virkemidler, der påvirker kvælstofudvaskningen, beregnes med både en lav og høj skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen. Følgende samfundsøkonomiske skyggepriser inklusive NAF er benyttet (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018)⁶:

- Lav skyggepris på reduceret N-udvaskningen fra rodzonen = 25 kr./kg N.
- Høj skyggepris på reduceret N-udvaskningen fra rodzonen = 60 kr./kg N.
- Skyggepris på reduceret ammoniakfordampning = 58 kr./kg NH₃-N.

Sideeffekterne er ikke tillagt en samfundsøkonomisk værdi ud over bidraget til opfyldelse af den relevante forpligtelse. Reduktion af fosfortab til vandmiljøet tillægges ikke en positiv skyggepris, da det ikke anses for muligt at identificere virkemidlernes effekt på fosforudledningen i de områder, hvor reduktionsmålsætningen ikke er opfyldt. For lugtgener, pesticidanvendelse og biodiversitet skønnes der ikke at være grundlag for at opgøre skyggepriser eller marginale skadesomkostninger. Disse effekter behandles derfor alene kvalitativt i analyserne, hvor det er relevant.

Tilskud: I de samfundsøkonomiske analyser udelades eventuelle tilskud fra den danske stat, da der er tale om transfereringer mellem grupper i det danske samfund (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). EU-støtte kan derimod betragtes som en indtægt for det danske samfund. For landbruget udgøres hovedparten af EU-støtten af de såkaldte enkeltbetalinger, der gives til det meste af det danske landbrugsareal. Der er tale om et afkoblet lump sum-tilskud per ha landbrugsjord, som ydes uafhængigt af arealanvendelsen, så længe jorden vedligeholdes i en tilstand, hvor den stadig kan benyttes til landbrug. Da ingen af de analyserede tiltag forventes at påvirke enkeltbetalingsstøtten fra

⁶ I metodenotatet fra Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018) henvises der for N-skyggepriser til Jacobsen (2017) og for ammoniakskyggeprisen til IFRO-Rapport nr. 221.

EU, indgår dette tilskud ikke i beregningerne. Derudover gives der EU-støtte til implementering af forskellige tiltag, herunder miljøforbedringer. Der er dog ikke tale om en nettoforøgelse af indtægten for det danske samfund, hvis tilskuddet stammer fra en fast tilskudspulje for Danmark, som allerede er udnyttet. På grund af usikkerhed om udnyttelsen af eksisterende tilskudsrammer og fremtidige tilskudsmuligheder indgår EU-støtte ikke i de samfundsøkonomiske beregninger (op. cit.).

Forvridningstab: I de samfundsøkonomiske omkostningsberegninger medtages forvridningstab i forbindelse med skatte- og afgiftsforhøjelser samt omkostningsforøgelser i landbruget. Ved en skatte- eller afgiftsforøgelse beregnes et arbejdsudbudsforvridningstab på 10 procent af provenuet (Finansministeriet, 2017). Virkemidler, som øger omkostningerne i landbruget, tilskrives et forvridningstab på 9 procent af omkostningsforøgelsen. Det økonomiske rationale bag dette forvridningstab samt beregningen af dets størrelse er beskrevet i metodenotatet fra Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018).

Opgørelse af administrationsomkostninger: For tiltagene vedr. biogas, forsuring af gylle, fodring af kvæg og udtagning af organiske jorde er der ved fastsættelse af de tilknyttede administrationsomkostninger taget udgangspunkt i vurderinger fra Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009). De blev også benyttet i IFRO Rapport 221 (Dubgaard et al. 2013). Det er usikkert, i hvilket omfang disse vurderinger er repræsentative i dag, bl.a. pga. ændringer i EU's fælles landbrugspolitik, digitaliseringsmuligheder- og behov mv. For analyserne af tilsætning af nitrifikationshæmmere til handels- og husdyrgødning er der lavet en opdateret vurdering af administrationsomkostningerne. Generelt er opgørelsen af administrationsomkostningerne forbundet med betydelig usikkerhed, og det er vanskeligt at vurdere dem, før rammerne kendes mere præcist. Udgifterne til administration vil bl.a. afhænge af implementeringsinstrumentet (krav, afgifter eller tilskud), om det kan administreres sammen med allerede eksisterende systemer, behov for kontrol, samspillet med øvrige regulering herunder særligt fra EU's fælles landbrugspolitik og statsstøtteregele, om evt. tilskudsordningers automatiserbarhed og kompleksitet, antal af støttemodtagere mv. (personlig meddelelse, Adam Høyer Lentz, Landbrugsstyrelsen, 2018).

Beskæftigelses- og betalingsbalanceeffekter: Beregningerne inddrager ikke beskæftigelses- og betalingsbalanceeffekter som følge af implementering af de analyserede virkemidler. Det er i overensstemmelse med Finansministeriets vejledning vedr. samfundsøkonomiske analyser (Finansministeriet, 2017). Begrundelsen er, at der findes økonomisk-politiske mekanismer til styring af det samlede aktivitets- og beskæftigelsesniveau i økonomien. Det betyder, at frigjort arbejdskraft i en sektor, antages at finde beskæftigelse i andre sektorer – i det mindste på længere sigt.

1.4.2. Budgetøkonomiske analyser

De budgetøkonomiske analyser omtales også som driftsøkonomiske analyser, når det drejer sig om landbruget og andre erhverv. Også statens omkostninger til administration og kontrol af virkemidler samt udgifter til tilskud mv. opgøres i de budgetøkonomiske analyser. De driftsøkonomiske beregninger viser ændringer i omkostninger og indtjening på bedrifts- og virksomhedsniveau ved implementering af de enkelte virkemidler. Beregninger sker i faktorpriser, som erhvervsvirksomheder køber og sælger til. I de budgetøkonomiske analyser sker der således ikke en forøgelse af faktorpriserne med nettoafgiftsfaktoren, ligesom der ikke indgår forvridnings- eller sideeffekter i beregningerne.

Det skyldes, at forvriddnings- og sideeffekter ikke påvirker erhvervenes indtægter og omkostninger. Beregningsperiode og diskonteringsrente er derimod ens i de budgetøkonomiske og de samfundsøkonomiske analyser.

Det antages, at de driftsøkonomiske omkostninger bestemmer den økonomiske adfærd i landbruget og andre virksomheder. Det er derfor disse omkostninger, som vil være relevante at inddrage i overvejelser om anvendelse af økonomiske instrumenter til implementering af diverse tiltag.

Tabel 1.3 viser de beregnede driftsøkonomiske omkostninger for landbruget ved de analyserede virkemidler samt statens administrationsomkostninger såvel som tilskudsbetalinger og mistede skatte- og afgiftsindtægter. Som tidligere nævnt er fremskrivningen af priser og dermed beregningerne af landbrugets nettoindtjening forbundet med betydelig usikkerhed. Det samme gælder opgørelserne af udgifter til statens administration af virkemidlerne.

Som det ses af tabel 1.3, viser beregningerne for biogas i begge scenarier en øget indtjening i landbrugssektoren på 159-175 mio. kr. annuieret, mens staten vil have annuierede udgifter på 325-333 mio. kr. Statens udgifter skyldes først og fremmest øgede tilskudsbetalinger og reducerede afgiftsindtægter (ved substitution af naturgas med biogas), og i mindre grad administrationsudgifter.

Forsuring af gylle i stalden vil ifølge beregningerne påføre landbruget omkostninger på 108 mio. kr. annuieret, mens omkostningerne ved virkemidlet Ændret fodring af konventionelle malkekøer (uden kompensation) påfører landbruget omkostninger på 105 mio. kr. annuieret. Derimod viser beregningerne en mindre gevinst for landbruget på 13 mio. kr. annuieret ved virkemidlet Ændret fodring af opdræt.⁷

Det dyreste af de teknologiændrende virkemidler er tilsætning af nitrifikationshæmmere til 90 procent af handelsgødningsskvælstoffet. Uden kompensation beløber landbrugets omkostninger sig til 414 mio. kr. annuieret. For nitrifikationshæmmere til konventionel gylle udgør landbrugets omkostninger 190 mio. kr. annuieret. Der er foretaget en supplerende beregning for virkemidlet Tilsætning af nitrifikationshæmmere til handelsgødningsskvælstof, hvor det forudsættes, at landbruget kompenseres for omkostningerne. Statens udgifter til kompensation er beregnet til 423 mio. kr. annuieret. Derudover er der forholdsvis høje omkostninger ved administrationen af kompensationssystemet beregnet til en samlet annuieret udgift på 27 mio. kr.

For de forskellige varianter af tiltaget udtagning af organogene jorder forudsættes landbrugets omkostninger kompenseret gennem et break even-tilskud. Statens udgifter til kompensation ligger i intervallet 135-183 mio. kr. annuieret, mens administrationsomkostningerne er opgjort til 9-13 mio. kr. annuieret.

⁷ Gevinsten er beregnet for perioden 2021-2030 under forudsætning om ændringer i prisrelationerne på fodermidler. Resultatet kan derfor ikke ses som udtryk for manglende optimering af fodersammensætningen for nærværende.

Tabel 1.3. Budgetøkonomiske omkostninger for landbruget og staten

Tiltag		Implemente- rings- potentiale, 2030	Drivhusgas- reduktion i 2030, 1.000 ton CO ₂ -ækv.		Annuiserede budgetøkonomiske omkostninger ¹ , mio. kr.			
			Med kulstof- lagring	Uden kulstof- lagring	Land- bruget	Staten		
					I alt	Admini- stration	Tilskud mm.	I alt
1.	Biogasproduktion, 36 % af gyllemængden	14,9 mio. ton	244	260	-159	13	312	325
1.a	Samme, med kølet svinegylle og hyppigt udsluset kvæggylle	14,9 mio. ton	337	353	-175	13	321	333
2.	Forsuring af konv. gylle i stalden, samlet	6,6 mio. ton	176	176	108	0,8	0,1	0,8
2.a	Heraf svinegylle	3,2 mio. ton	128	128	59	0,4	-0,1	0,3
2. b	Heraf kvæggylle	3,4 mio. ton	48	48	50	0,4	-0,01	0,4
3.	Fodring med øget fedt og kraftfoder, konv. malkekøer	459.068 dyr	158	158	105	0,4	i.r.	0,4
3.a	Samme, men med kompensation	459.068 dyr	158	158	0	0,4	105	106
4.	Fodring med øget fedt, konv. malkekvægsopdræt	333.166 dyr	16	16	-13	0,4	i.r.	0,4
5.	Nitrifikationshæmmere til 90 % af handelsgødnings-N	237.600 ton ammonium-N	496	496	414	0,1	2	2
5.a	Samme, men med kompensation	247.000 ton ammonium-N	463	463	0	27	423	450
6.	Nitrifikationshæmmere til konventionel gylle, samlet	110.929 ton ammonium-N	213	213	190	1	i.r.	1
6.a	Heraf sandjord	83.387 ton ammonium-N	162	162	143	0,7	i.r.	0,7
6. b	Heraf lerjord	27.542 ton ammonium-N	52	52	47	0,2	i.r.	0,2
7.	Udtagning af organogene jorder med ophør af dræning og gødskning	47.400 ha	1.352	i.r.	0	13	183	196
7.a	Udtagning af organogene jorder med fortsat dræning, men ophør af gødskning	35.300 ha	393	64	0	9	135	145
7. b	Udtagning af organogene jorder med fortsat dræning og gødskning	35.300 ha	355	27	0	9	135	145

Note: i.r. = ikke relevant.

1. Annuitet for perioden 2021-2050.

Kilde: Egne beregninger samt Olesen et al. (2018).

1.4.3. Samfundsøkonomiske analyser

De samfundsøkonomiske analyser af de enkelte virkemidler betegnes også som velfærdsøkonomiske analyser, da de udføres i overensstemmelse med principperne for velfærdsøkonomiske *cost-effectiveness-analyser* (CEA). En CEA har til formål at identificere den mest omkostningseffektive løsning på en given (politisk) målsætning, i denne sammenhæng de drivhusgasreduktioner som Danmark er forpligtet til at realisere i ikke-kvotesektoren⁸ (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Det skal tilføjes, at der er tale om en nettoomkostningstilgang, idet den samfundsøkonomiske værdi af sideeffekter indgår i omkostningsberegningerne. Sideeffekterne omfatter primært reduceret udvaskning af kvælstof til vandmiljøet og reduceret ammoniakfordampning, som nogle af de drivhusgasreducerende tiltag giver anledning til.

De samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger opgøres i kroner per ton CO₂-ækvivalent for det enkelte virkemiddel, betegnet som virkemidlets samfundsmæssige CO₂-skyggepris (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). CO₂-skyggepriserne viser de forskellige virkemidlers omkostningseffektivitet i forhold til hinanden. Opgørelsen af analyseresultaterne i CO₂-skyggepriser afspejler, at der er et bindende EU-mål for drivhusgasreduktioner for Danmark, som er uafhængigt af globale CO₂-skadesomkostninger.

Når værdien af sideeffekter medtages, er der mulighed for negative CO₂-skyggepriser. Det betyder, at den samfundsmæssige værdi af sideeffekterne overstiger de samfundsmæssige omkostninger ved anvendelse af virkemidlet. Eller med andre ord, implementering af virkemidlet vil være samfundsøkonomisk fordelagtigt, selvom værdien af drivhusgasreduktionen ikke medregnes. Der kan dog stadig være væsentlige budgetøkonomiske omkostninger ved omstillingen, som afholdes af enten landbruget eller staten.

Såfremt der beregnes CO₂-skyggepriser og reduktionspotentialer for samtlige potentielt relevante virkemidler inden for de ikke-kvoteomfattede sektorer, vil det være muligt at identificere en omkostningseffektiv sammensætning af virkemidler til realisering af Danmarks reduktionsforpligtelse. De beregnede CO₂-skyggepriser for de landbrugsrelaterede virkemidler kan således ikke isoleret bruges til at vurdere, hvilke klimavirkemidler det vil være omkostningseffektivt at iværksætte.

1.4.4. Oversigt over samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger/CO₂-skyggepriser

I dette afsnit præsenteres en oversigt over de analyserede virkemidler med deres respektive samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger/CO₂-skyggepriser. Først illustreres størrelsesforholdene i sj-

⁸ Til forskel fra CEA, der alene søger at identificere omkostningseffektive løsninger på politisk bestemte målsætninger, søger *cost benefit-analysen* (CBA) at identificere samfundsøkonomisk fordelagtige løsninger. Dvs. projekter eller politiske målsætninger, hvor den samfundsmæssige værdi af benefits overstiger de samfundsmæssige omkostninger. CBA angiver således, hvilke politiske beslutninger der bør træffes ud fra en optimalitetsbetragtning. På klimaområdet benyttes CBA-metoden til analyser af den optimale klimapolitik på globalt plan. Det kræver bl.a. estimation af de globale CO₂-skadesomkostninger på langt sigt. EU's klimapolitik giver ikke medlemslandene mulighed for at tilpasse deres individuelle reduktionsmål efter resultaterne af cost-benefit analyser.

lediagrammer, der viser virkemidlernes reduktionsomkostninger i sammenhæng med deres reduktionspotentialer. Dernæst følger en mere detaljeret oversigt over de enkelte virkemidlers reduktionspotentialer og reduktionsomkostninger beregnet under forskellige forudsætninger.

I søjlediagrammerne (figur 1.1 og figur 1.2) nedenfor vises det enkelte virkemiddels reduktionspotentialer inklusive kulstoflagring i ton CO₂-ækv. langs diagrammets horisontale akse. Der er tale om virkemidlets reduktionspotentialer i 2030, hvor EU's krav til reduktion af Danmarks drivhusgasudledninger inden for det ikke-kvotebelagte område skal være opfyldt. Reduktionsomkostningerne per ton CO₂-ækvivalent fremgår af diagrammets vertikale akse. Figur 1.1 viser beregningsresultaterne med sideeffekter. CO₂-skyggepriserne er beregnet ved den lave skyggepris på reduceret N-udvaskning fra rodzonen på 25 kr./kg N. Figur 1.2 viser resultaterne uden sideeffekter.

Samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger med sideeffekter

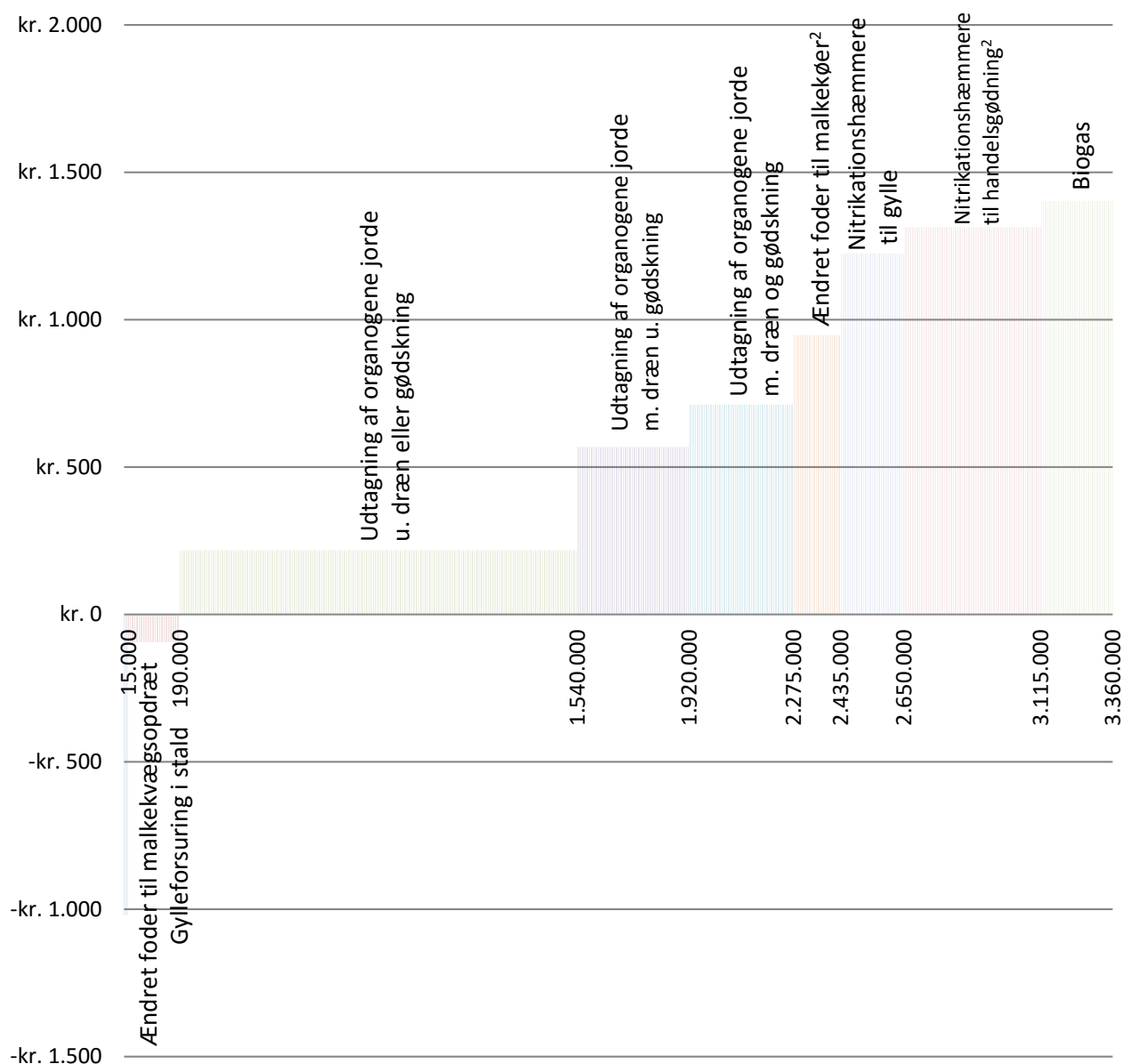
Figur 1.1 viser, at to virkemidler har negative reduktionsomkostninger. Det drejer sig om Fodring med øget fedt til malkekvægsopdræt (ingen sideeffekter) og Forsuring af gylle i stalden, der omfatter 16 procent af den samlede gyllemængde. Her er det sideeffekten i form af reduceret ammoniakfordampning, der medfører, at CO₂-skyggeprisen bliver negativ. Figuren viser, at de to virkemidler har relativt beskedne reduktionspotentialer på hhv. 16 og 176 tusind ton CO₂-ækv.

Det største reduktionspotentialer på 1.352 tusind ton CO₂-ækv. knytter sig til virkemidlet Udtagning af organogene jorder (fra omdrift) til ekstensivt græs med ophør af dræning og gødskning, der omfatter 44.700 ha. CO₂-skyggeprisen, der er beregnet til 218 kr./ton CO₂-ækv., er den laveste blandt de undersøgte virkemidler – bortset fra de to tidligere nævnte virkemidler med negative skyggepriser. Muligheden for at udnytte dette virkemiddel i Danmarks opfyldelse af reduktionsmålene for 2030 afhænger af de begrænsninger, som EU har sat for inddragelse af forbedringer i jordens kulstofbalance.

Virkemidlet Udtagning af organogene jorder er vist i to andre varianter, hvor udtagningen er begrænset til 35.300 ha, og hvor dræning af jorden opretholdes. I begge tilfælde er der tale om en delmængde af de arealer, der indgår i virkemidlet Udtagning af organogene jorder med ophør af dræning og gødskning på i alt 44.700 ha. Det ene af de to virkemidler med fortsat dræning er med ophør af gødskning af de udtagne arealer, mens gødskning fortsætter i det andet. Den fortsatte dræning medfører betydeligt mindre reduktionspotentialer, og CO₂-skyggepriserne øges til hhv. 568 og 712 kr./ton CO₂-ækv.

Virkemidlet Ændret fodersammensætning til malkekøer omfatter hele den konventionelle malkekobestand. Det har dog et forholdsvis beskedent reduktionspotentialer på 158 tusind ton CO₂-ækv. CO₂-skyggeprisen er beregnet til 948 kr./ton CO₂-ækv. Virkemidlet Nitrifikationshæmmere til gylle omfatter al konventionel gylle. Reduktionspotentialer er 213 tusind ton CO₂-ækv. og CO₂-skyggeprisen 1.225 kr./ton CO₂-ækv. Virkemidlet Nitrifikationshæmmere til handelsgødning har med 496 tusind ton CO₂-ækv. det næststørste reduktionspotentialer efter Udtagning af organogene jorder med ophør af dræning og gødskning. CO₂-skyggeprisen er beregnet til 1.296 kr./ton CO₂-ækv.

Figur 1.1. CO₂-skyggepriser og reduktionspotentialer inklusive kulstoflagring og inklusive sideeffekter. X-aksen: reduktion i 2030 i ton CO₂-ækv.¹ Y-aksen: kr./ton CO₂-ækv.



1. Tallene for drivhusgasreduktioner på x-aksen er afrundede. De tre scenarier for udtagning af organogene jorder er ikke additive.
2. Regelstyringsscenariet.

Virkemidlet Biogasproduktion fra 36 procent af gyllemængden har et reduktionspotentiale (i ikke-kvotesektoren) på 244 tusind ton CO₂-ækv. og en CO₂-skyggepris på 1.402 kr./ton CO₂-ækv. Som det fremgår af tabel 1.4 og den mere detaljerede gennemgang nedenfor, kan reduktionspotentialet for bioafgasning af gylle forøges til 337 tusind ton CO₂-ækv. og CO₂-skyggeprisen reduceres til 987 kr./ton CO₂-ækv. ved hhv. hyppig udslusning og køling af gyllen, før den anvendes i biogasproduktionen. Det kræver dog yderligere regulering at sikre disse supplerende tiltag.

Som tidligere nævnt har der ikke været økonomiske modeller til rådighed til beregninger af økonomisk optimale reduktionspotentialer. De viste skøn over virkemidlernes reduktionspotentialer er fastsat som de reduktioner, det vurderes muligt at gennemføre uden en væsentlig stigning i enhedsomkostningerne ved tiltagene. Denne fremgangsmåde giver dog problemer, når virkemidler udelukker hinanden, herunder hhv. Bioafgasning og Forsuring af gylle med svovlsyre. De beregnede reduktionsomkostninger for de to virkemidler indikerer, at det samfundsøkonomisk er mere hensigtsmæssigt at satse på gylleforsuring frem for biogas, idet biogas er et virkemiddel med forholdsvis høje reduktionsomkostninger, mens gylleforsuring har negative samfundsmæssige reduktionsomkostninger. Det gælder dog kun, når den beregnede værdi af sideeffekten Reduceret ammoniakfordampning medtages.

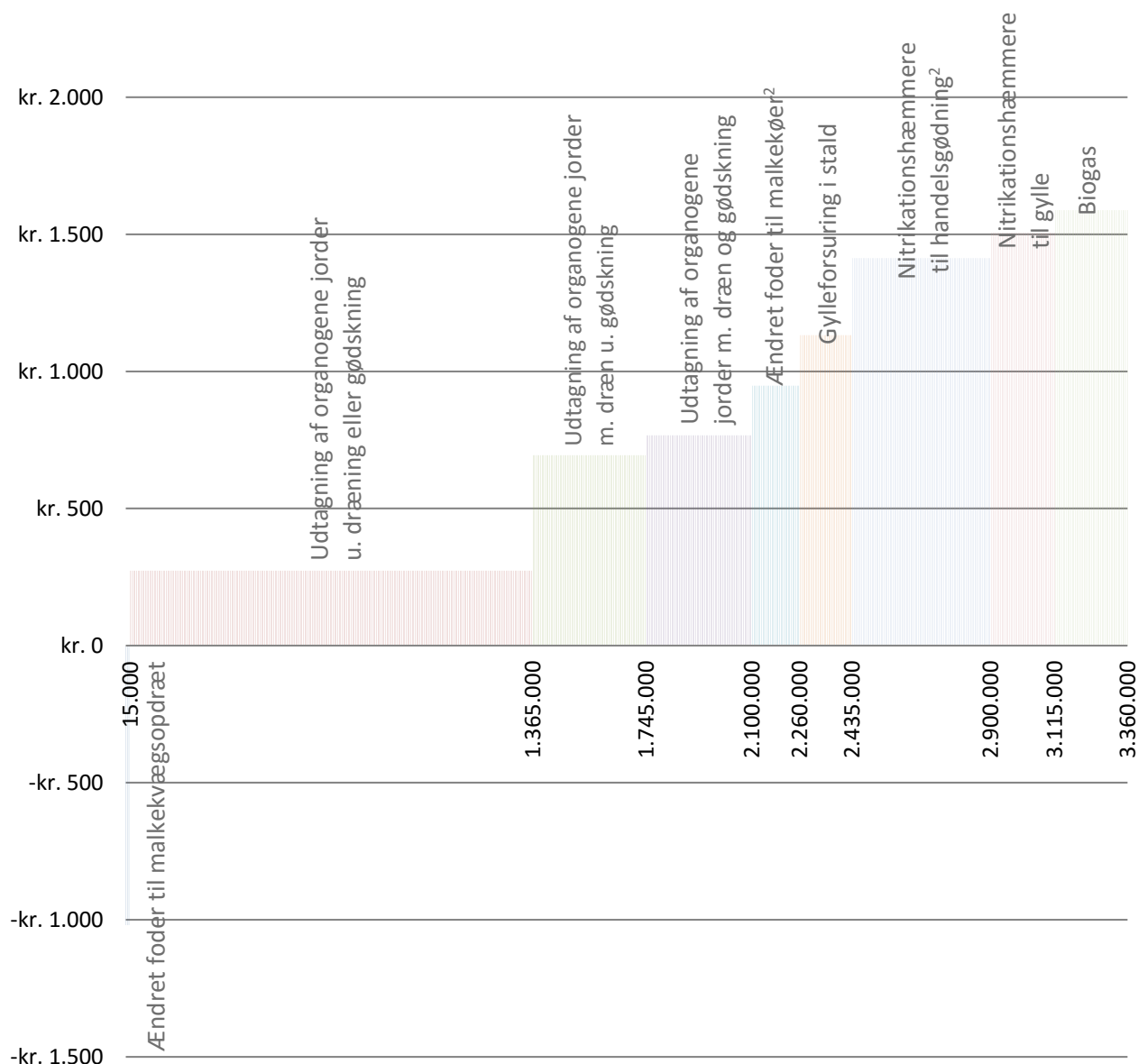
Samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger uden sideeffekter

Som beskrevet ovenfor opgøres værdien af sideeffekter som de marginale reduktionsomkostninger ved at realisere givne reduktionsforpligtelser eller -målsætninger. Er reduktionsmålsætningen opfyldt, er denne fremgangsmåde ikke længere anvendelig. CO₂-skyggeprisernes følsomhed over for værdien af sideeffekter ses ved sammenligning af figur 1.1 og figur 1.2, hvor der i sidstnævnte ikke er medtaget sideeffekter.

Som det fremgår af figur 1.2, ændres rangordningen for nogle af virkemidlerne, når værdien af sideeffekter ikke indgår i CO₂-skyggeprisen. Gylleforsuring har nu ikke længere en negativ CO₂-skyggepris, men reduktionsomkostninger på 1.132 kr./ton CO₂-ækv., og virkemidlet ligger dermed i den højere ende af rangordningen mht. reduktionsomkostninger. Det afspejler, at reduceret ammoniakfordampning er den samfundsøkonomisk vigtigste effekt af dette virkemiddel, når sideeffekter medtages i beregningen af reduktionsomkostninger. Biogas ligger dog stadig højere med en CO₂-skyggepris på 1.588 kr./ton CO₂-ækv. uden sideeffekter. Men som det fremgår af tabel 1.4, kommer biogas ned på en CO₂-skyggepris på 1.123 kr./ton CO₂-ækv. uden sideeffekter ved hhv. hyppig udslusning og køling af gyllen. Disse supplerende foranstaltninger bringer dermed reduktionsomkostningerne for biogas en anelse under reduktionsomkostningerne ved gyllekøling, når der ikke indgår sideeffekter i beregningerne. Den beskrevne variation i de beregnede CO₂-skyggepriser viser, at den relative fordelagtighed af forskellige virkemidler kan være stærkt afhængig af de benyttede forudsætninger om den samfundsmæssige værdi af sideeffekter og mulighederne for at udnytte synergieffekter ved at kombinere forskellige former for regulering.

Virkemidlerne Ændret fodersammensætning til malkekøer og Malkekvægsopdræt har ingen sideeffekter og deres CO₂-skyggepriser er derfor uændrede. Virkemidlet Nitrifikationshæmmere til handelsgødning har sideeffekter i form af reduceret kvælstofudvaskning og i mindre grad reduceret ammoniakfordampning. Når disse sideeffekter ikke medregnes, stiger CO₂-skyggeprisen fra 1.296 til 1.413 kr./ton CO₂-ækv. For nitrifikationshæmmere til gylle er der tale om en stigning i CO₂-skyggeprisen fra 1.225 til 1.506 kr./ton CO₂-ækv. For virkemidlet Udtagning af organogene jorder er der en sideeffekt i form af reduceret kvælstofudvaskning. Denne sideeffekt spiller dog kun en mindre rolle for de beregnede skyggepriser.

Figur 1.2. CO₂-skyggepriser og reduktionspotentialer inklusive kulstoflagring, eksklusive sideeffekter. X-aksen: reduktion i 2030 i ton CO₂-ækv.¹ Y-aksen: kr./ton CO₂-ækv.



1. Tallene for drivhusgasreduktioner på x-aksen er afrundede. De tre scenarier for udtagning af organogene jorder er ikke additive.
2. Regelstyringsscenariet.

Samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger med underopdeling af virkemidler

Tabel 1.4 giver en mere detaljeret oversigt over reduktionspotentialer og reduktionsomkostninger for de analyserede virkemidler samt underopdelinger deraf. Som tidligere nævnt er reduktionspotentialerne additive for de syv virkemiddelnumre uden underopdelinger. For nogle af virkemidlerne er der gennemført beregninger, som viser konsekvenserne af at kompensere landbruget for de omkostninger, virkemidlet påfører erhvervet. Det primære formål med disse beregninger er at vise, hvad det

betyder for forvridningsomkostningerne, når landbrugets omkostninger dækkes gennem skattefinansiering. Skyggepriserne er angivet i kroner uden afrunding. Denne præcision afspejler dog ikke nødvendigvis den usikkerhed, resultaterne er behæftet med.

Biogas af husdyrgødning: Afgasning af 36 procent af gyllemængden medfører årlige drivhusgasreduktioner på 244 tusind ton CO₂-ækv. i 2030 (og 250 tusind ton CO₂-ækv. når alle anlæg kører uden indkøringstab i 2031). Tiltaget medfører driftsøkonomisk overskud i landbruget bl.a. i kraft af tilskud til biogasanvendelse, mens det samfundsøkonomisk er det mest omkostningstunge blandt de undersøgte virkemidler, grundet bl.a. skatteforvridningstab pga. disse tilskud. Skyggeprisen er inklusive sideeffekter beregnet til 1.135-1.402 kr./ton CO₂-ækv., afhængig af om den negative effekt af afgasning på kulstoflagring indregnes. Eksklusive sideeffekter er skyggeprisen 1.491-1.588 kr./ton CO₂-ækv. eksklusive hhv. inklusive kulstoflagring. Scenariet med hyppigt udsluset kvæggylle samt kølet svinegylle reducerer skyggeprisen til 808-1.132 kr./ton CO₂-ækv. afhængig af sideeffekter og kulstoflagring, grundet øgede drivhusgasreduktioner på 342 tusind ton CO₂-ækv. i 2031 samt et øget gasudbytte.

Forsuring af gylle i stalden: Krav om staldforsuring af 16 procent af gyllemængden vil reducere drivhusgasudledninger med 176 tusind ton CO₂-ækv./år, fordelt med 48 og 128 tusind ton på hhv. kvæg- og svinegylle. Virkemidlet medfører øgede omkostninger i landbruget på 108 mio. kr. årligt, men resulterer i negative samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger på 94 kr./ton CO₂-ækv. i gennemsnit for de to gylletyper, når værdien af reduceret ammoniakfordampning indregnes. Uden værdien af denne sideeffekt øges skyggeprisen til 1.132 kr./ton CO₂-ækv. Dette resultat viser, at gylleforsuring primært kan ses som et miljøpolitisk tiltag til reduktion af ammoniakforureningen – med drivhusgasreduktion som en sideeffekt.

Ændret fodersammensætning til konventionelle malkekøer: Det vurderes, at et krav om en øget andel af kraftfoder, fedt og letfordøjeligt grovfoder i foderrationen til konventionelle malkekøer vil reducere drivhusgasudledninger med 158 tusind ton CO₂-ækv. årligt fra 2025 og frem (og en smule lavere fra 2021-2024). De samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger er på 948 kr./ton CO₂-ækv., når virkemidlet implementeres med regelstyring uden kompensation til landbruget for øgede omkostninger, mens regelstyring med kompensation øger CO₂-skyggeprisen til 977 kr./ton CO₂-ækv. Forøgelsen skyldes, at øgede budgetudgifter for staten tillægges et (marginalt) højere forvridningstab end øgede omkostninger i landbruget.

Ændret fodersammensætning til konventionelt malkekvægsopdræt: Virkemidlet omfatter krav om en øget andel af (vegetabilsk) fedt i foderet til konventionelt malkekvægsopdræt. Reduktionspotentialet er opgjort til 16 tusind ton CO₂-ækv. årligt fra 2025 og frem (og en smule højere fra 2021-2024). Beregningerne viser en samfundsøkonomisk gevinst i form af en negativ CO₂-skyggepris på 1.020 kr./ton CO₂-ækv. Den beregnede gevinst skyldes, at den benyttede fremskrivning af foderpriser ændrer prisrelationerne mellem de omfattede fodermidler, således at den forudsatte ændring i fodersammensætningen bliver driftsøkonomisk fordelagtig.

Tabel 1.4. Samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger for analyserede virkemidler

Virkemidler		Implementeringspotentiale, 2030	Drivhusgas-reduktion i 2030, 1.000 ton CO ₂ -ækv.		Samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger, kr. /ton CO ₂ -ækv.					
			Med kulstoflagring	Uden kulstoflagring	Med kulstoflagring, inkl. sideeffekter (25 kr./kg N)	Med kulstoflagring, inkl. sideeffekter (60 kr./kg N)	Med kulstoflagring, ekskl. sideeffekter	Uden kulstoflagring, inkl. sideeffekter (25 kr./kg N)	Uden kulstoflagring, inkl. sideeffekter (60 kr./kg N)	Uden kulstoflagring, ekskl. sideeffekter
1.	Biogasproduktion, 36 % af gyllemængden	14,9 mio. ton	244	260	1.402	1.209	1.588	1.317	1.135	1.491
1.a	Samme, med kølet svinegylle og hyppigt udsluset kvæggylle	14,9 mio. ton	337	353	987	846	1.123	942	808	1.072
2.	Forsuring af gylle i stalden, samlet	6,6 mio. ton	176	176	-94	-94	1.132	i.r.	i.r.	i.r.
2.a	Heraf svinegylle	3,2 mio. ton	128	128	-118	-118	843	i.r.	i.r.	i.r.
2.b	Heraf kvæggylle	3,4 mio. ton	48	48	-28	-28	1.899	i.r.	i.r.	i.r.
3.	Fodring med øget fedt og kraftfoder, konv. malkekøer	459.068 dyr	158	158	i.r.	i.r.	948	i.r.	i.r.	i.r.
3.a	Samme, men med kompensation	459.068 dyr	158	158	i.r.	i.r.	977	i.r.	i.r.	i.r.
4.	Fodring med øget fedt, malkekvægsopdræt	333.166 dyr	16	16	i.r.	i.r.	-1.020	i.r.	i.r.	i.r.
5.	Nitrifikationshæmmere til handelsgødning	237.600 ton N	496	496	1.296	1.157	1.413	i.r.	i.r.	i.r.
5.a	Samme, men med kompensation	247.500 ton N	463	463	i.r.	i.r.	1.689	i.r.	i.r.	i.r.
6.	Nitrifikationshæmmere til konv. gylle, samlet	110.929 ton N	213	213	1.225	832	1.506	i.r.	i.r.	i.r.
6.a	Heraf sandjord	83.387 ton N	162	162	1.122	603	1.492	i.r.	i.r.	i.r.
6.b	Heraf lerjord	27.542 ton N	52	52	i.r.	i.r.	1.549	i.r.	i.r.	i.r.
7.	Udtagning af organogene jorder med ophør af dræning og gødskning	47.400 ha	1.352	-168	218	149	273	i.r.	i.r.	i.r.
7.a	Udtagning af organogene jorder med fortsat dræning, ophør af gødskning	35.300 ha	393	64	568	411	694	3.471	2.511	4.237
7.b	Udtagning af organogene jorder med fortsat dræning og gødskning	35.300 ha	355	27	712	636	767	9.414	8.403	10.136

Note: i.r. = ikke relevant.

Kilde: Egne beregninger samt Olesen et al. (2018).

Nitrifikationshæmmere til handelsgødning: Virkemidlet forudsætter et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til 90 procent af den kvælstofholdige handelsgødning, som reducerer lattergasemissionerne. Det vurderes, at reduktionspotentiallet vil være 496 tusind ton CO₂-ækv./år fra 2024 og frem. Tilsætning af nitrifikationshæmmere vurderes ikke at have sideeffekter i sig selv, men den afledte prisforøgelse på kvælstofgødning reducerer det optimale kvælstofforbrug. Det nedbringer lattergasemissionerne yderligere og medfører sideeffekter i form af reduceret kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning. Skyggeprisen er beregnet til 1.157-1.413 kr./ton CO₂-ækv., afhængigt af om sideeffekterne indregnes, og hvilken værdi reduceret kvælstofudvaskning tillægges. Forudsættes det, at der gives kompensation for landbrugets omkostninger ved tilsætning af nitrifikationshæmmere, er der ikke incitament til at reducere kvælstofforbruget, da landmændene ikke oplever en stigning i gødningsprisen. Kompensationsscenariet har derfor ikke sideeffekter i form af reduceret kvælstofudvaskning eller ammoniakfordampning. Lattergasreduktionen er her beregnet til 463 tusind ton CO₂-ækv./år og CO₂-skyggeprisen er beregnet til 1.689 kr./ton CO₂-ækv.

Nitrifikationshæmmere til konventionel gylle: Her forudsættes et krav om, at der skal tilsættes nitrifikationshæmmere til al konventionel gylle (økologiske dyrkningsregler tillader ikke tilsætning af nitrifikationshæmmere). Virkemidlet vurderes at have et reduktionspotential på 213 tusind ton CO₂-ækv. årligt fra 2024 og frem. Tilsætning af nitrifikationshæmmere forudsættes at reducere kvælstofudvaskningen ved anvendelse af gylle til majs på sandjord, men ikke ved andre anvendelser. Ud over en samlet CO₂-skyggepris beregnes der separate skyggepriser for hhv. ler- og sandjord. Anvendelsen af den omfattede gyllemængde forudsættes at være fordelt på ler- og sandjord i forholdet 25/75. Dvs. at drivhusgasreduktionen er 52 tusind ton CO₂-ækv. på lerjord og 162 tusind ton CO₂-ækv. på sandjord. Skyggeprisen er beregnet til 603-1.549 kr./ton CO₂-ækv. afhængigt af jordtype, og om sideeffekten Reduceret kvælstofudvaskning på sandjord indregnes.

Udtagning af organogene jorder til vedvarende græs: Udtagning af organogene jorder fra dyrkning i omdrift til vedvarende græs forudsættes gennemført på tre alternative måder, som udelukker hinanden, da der er tale om de samme arealer. Virkemidlet forudsættes i alle tre scenarier implementeret ved anvendelse af et break even-tilskud til landbruget.

Udtagning med ophør af dræning og gødskning: Dette forudsætter udtagning samt ophør med dræning og gødskning af 47.400 ha organogene jorder, hvilket vurderes at have et reduktionspotential på 1.352 tusind ton CO₂-ækv. årligt fra 2030. Virkemidlet er alene analyseret inklusive kulstoflagring, da der ellers vil være tale om nettoudledninger, idet øget udledning af metan overstiger effekten af lattergasreduktioner og reduceret brændstofforbrug. Det er således af afgørende betydning for virkemidlets samfundsøkonomiske relevans, om der er mulighed for at inddrage kulstoflagringen i Danmarks opfyldelse af reduktionsmålene for 2030. CO₂-skyggeprisen er beregnet til (kun) 149-273 kr./ton CO₂-ækv. afhængigt af, om sideeffekten Reduceret kvælstofudvaskning medregnes.

Udtagning med fortsat dræning, men ophør af gødskning: Denne variant forudsætter udtagning af 35.300 ha organogene jorder til vedvarende græs med fortsat dræning, men ophør af gødskning. Fortsat dræning og et mindre udtaget areal formindsker reduktionspotentiallet til 393 tusind ton CO₂-ækv. årligt fra 2030 og frem. CO₂-skyggeprisen inklusive kulstoflagring øges til 411-694 kr./ton CO₂-ækv.,

afhængig af om sideeffekten Reduceret kvælstofudvaskning inddrages. Også her har medtagelse af kulstoflagring afgørende betydning for virkemidlets samfundsøkonomiske relevans.

Udtagning med fortsat dræning og gødskning: Som i scenariet ovenfor forudsætter denne variant udtagning af 35.300 ha organogene jorder til vedvarende græs med fortsat dræning og gødskning. På grund af den fortsatte gødskning formindskes drivhusgasreduktionen yderligere til 355 tusind ton CO₂-ækv. årligt fra 2030. CO₂-skyggeprisen inklusive kulstoflagring stiger til 636-767 kr./ton CO₂-ækv., afhængigt af om sideeffekten Reduceret kvælstofudvaskning medregnes. Uden kulstoflagring bliver CO₂-skyggeprisen så høj, at virkemidlet må betragtes som samfundsøkonomisk irrelevant.

2. FREMSKRIVNING AF PRODUKTIONS- OG PRISUDVIKLINGEN I LANDBRUGET

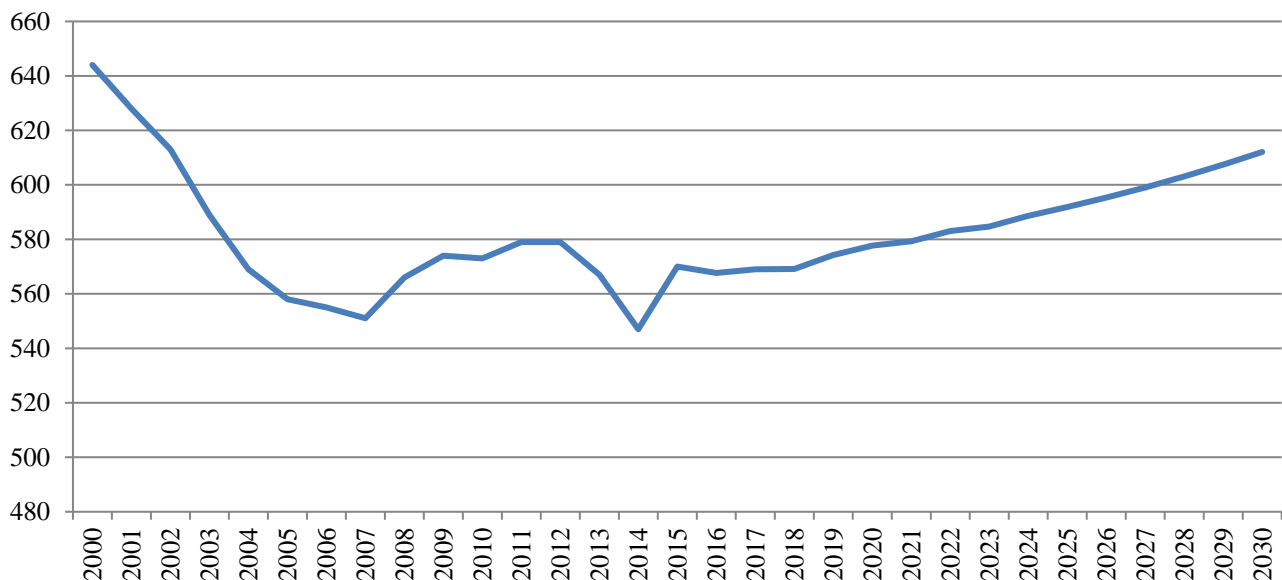
2.1. Forventet udvikling i husdyrproduktion og arealanvendelse

2.1.1. Husdyrproduktionen

De forudsatte reduktionspotentialer for drivhusgasudledninger er som tidligere beskrevet baseret på tekniske og landbrugsfaglige vurderinger. I vurderingerne indgår bl.a. modelberegnete udviklingstendenser inden for husdyrproduktionen, som beskrives i det følgende.

Til fremskrivning af udviklingen i kvæg- og svinebestanden benyttes modellen AGMEMOD, der er udviklet under EU-projektet *Agricultural Member State Modelling for the EU and Eastern European Countries* (Hanrahan, 2008). Grundfremskrivningen bygger på forventninger til verdensmarkedspriserne på de væsentligste landbrugsprodukter tilvejebragt af det amerikanske Food and Agricultural Policy Research Institut – FAPRI. Endvidere indgår den forventede makroøkonomiske udvikling, samt udviklingen i EU's fælles landbrugspolitik.

Figur 2.1. Fremskrivning af antal malkekøer 2000-2030 (1.000 stk)



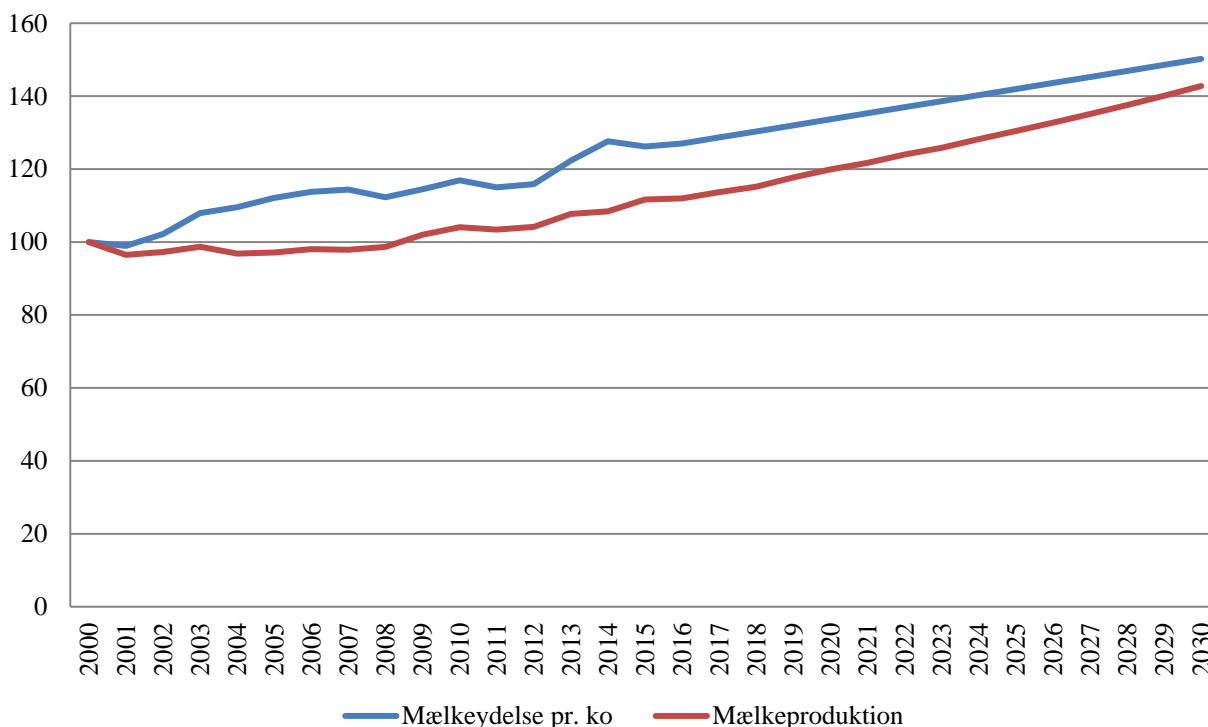
Kilde: Jensen (2017)

Figur 2.1 viser, at antallet af malkekøer i Danmark er gået tilbage fra omkring 640.000 i begyndelsen af nullerne til ca. 570.000 i 2017. Med mælkekvotesystemets afskaffelse i 2015 er der ikke længere en absolut begrænsning for væksten i den danske mælkeproduktion, men AGMEMOD-fremskrivningerne viser en faldende realpris på mælk frem til 2030, som vil begrænse produktionsudviklingen.

Fremskrivningen i figur 2.1 viser en jævnt opadgående trend i antallet af malkekøer frem mod 2030, hvor det forventes at bestanden vil stige fra de nuværende ca. 570.000 malkekøer til godt 610.000.

Figur 2.2 viser den faktiske og den forventede udvikling i mælkeydelsen per ko fra år 2000 til 2030, hvor ydelsen i år 2000 er sat til indeks 100. Ifølge AGMEMOD-fremskrivningerne vil mælkeydelsen stige med omkring 18 procent i perioden 2016-2030. Sammenholdt med den forventede stigning i malkekobestanden vil det give en forøgelse af mælkeproduktion med ca. 28 procent.

Figur 2.2. Fremskrivning af mælkeproduktion og -ydelse 2000-2030 (indeks 2000=100)



Note: Udvikling i mælkeproduktion er ydelsen per ko ganget med antallet malkekøer

Kilde: Jensen (2017)

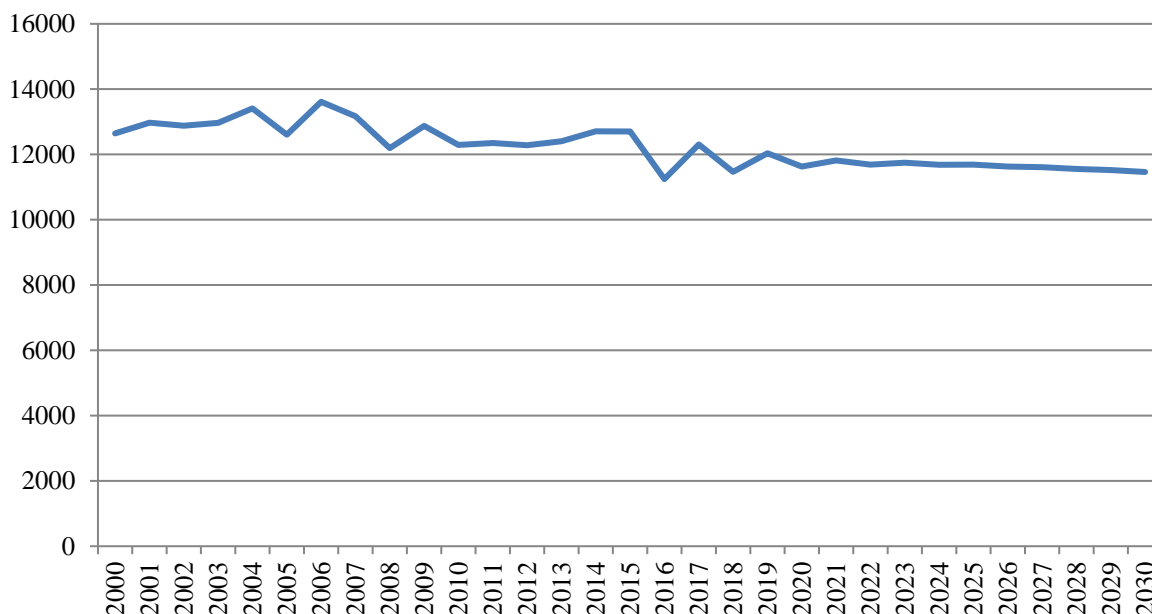
Med stigende ydelse må der også regnes med en stigning i foderforbruget og dermed gødningsproduktionen per ko. Gødningsmængden i kvægsektoren vil derfor stige i lidt større omfang end malkekobestanden.

Figur 2.3 viser den faktiske og den forventede udvikling i svinebestanden fra 2000-2030. Som det ses, voksede svinebestanden fra 2000-2006, mens der herefter har været et mindre fald i bestanden, som i 2017 lå på godt 12 mio. svin. AGMEMOD-fremskrivningen viser en svag nedgang i bestanden til et niveau på omkring 11,5 mio. svin i 2030.⁹ Fremskrivningen tyder således ikke på, at udviklingen

⁹ Der er de seneste år sket en betydelig ændring af svineproduktionens sammensætning, idet et stigende antal smågrise eksporteres – i stedet for som tidligere at blive opfedet som slagtesvin her i landet. Hvis denne omstrukturering af svineproduktionen fortsætter de kommende år, vil det betyde mindre husdyrgødning per produceret ”gennemsnitssvin”. Det har ikke været muligt at inddrage udviklingen på dette område i nærværende beregninger.

i svineproduktionen vil føre til væsentlige ændringer i den producerede gødningsmængde frem til 2030.

Figur 2.3. *Fremskrivning af antal svin 2000-2030 (1.000 stk)*



Kilde: Jensen (2017)

2.1.2. Arealanvendelsen

Den almindelige samfundsudvikling medfører en løbende overførsel af landbrugsjord til anvendelse uden for landbruget (veje og boliger m.m.). Dertil kommer konsekvenserne af Grøn Vækst, randzonerlovgivningen og andre tiltag, som kan forventes at reducere landbrugsarealet yderligere frem til 2030. AGMEMOD-fremskrivningen af landbrugsarealet viser en reduktion på knap 2 procent i perioden 2015-2020 og knap 4 procent i perioden 2020-2030 (Jensen, 2017). Dette har dog ikke væsentlig betydning for analyserne i denne rapport, da de undersøgte tiltag ikke omfatter den samlede drivhusgasudledning i forbindelse med dyrkning af landbrugsarealet, men effekterne af ændringer i arealanvendelsen som følge af specifikke tiltag. Hvad afgrødesammensætningen angår, forventes der ikke større ændringer.

Indtjeningen i planteavl varierer betydeligt fra år til år som følge af svingninger i afgrødepriser og klimatiske forhold mm. Som det fremgår af prisfremskrivninger og jordrenteberegninger senere i dette kapitel, forventes det, at der fremover vil kunne opnås et positivt afkast ved dyrkning af jorden, også for de dårligere boniteters vedkommende. Det forventes derfor ikke, at landbrugsarealer vil udgå som følge af negativt afkast ved dyrkning af jorden.

2.1.3. Sammenfatning af den forventede udvikling i husdyrproduktion og arealanvendelse

Forventningerne til udviklingen i landbrugsproduktionen frem til 2030 er baseret på fremskrivninger med AGMEMOD-modellen (Jensen, 2017), der igen inddrager prisfremskrivninger foretaget af det amerikanske Food and Agricultural Policy Research Institute. Samlet vurderes det, at der næppe er

grund til at forvente en væsentlig nedgang i nogen af landbrugets større produktionsgrene, men omvendt heller ikke større stigninger med undtagelse af malkekvægbestanden og mælkeydelsen, som forventes at stige i et vist omfang, hvilket vil øge mælkeproduktion. Fremskrivningerne peger på, at den danske svineproduktion sandsynligvis vil være en smule mindre i 2030 end det nuværende niveau. Landbrugsarealet forventes fortsat at blive reduceret med omkring 10.000 ha per år i forbindelse med udbygning af infrastrukturen og anden bymæssig anvendelse. Dertil kommer arealændringer som følge af div. miljøprogrammer. Fremskrivningerne tyder dog ikke på store ændringer i landbrugets samlede arealanvendelse.

2.2. Prisforudsætninger for energi- og landbrugsvarer

De budget- og samfundsøkonomiske beregninger foretages som hovedregel i 2017-priser (Energi-, Klima- og Forsyningsministeriet, 2018). Dvs. at de relative priser forudsættes uændrede gennem hele analyseperioden 2021-2050. Der er dog tale om en simplificerende antagelse, som ikke virker rimelig for (rå)varer, hvor der kan forventes (trendmæssige) ændringer i realprisen over tid. Det drejer sig især om energivarer som olieprodukter og naturgas samt landbrugsprodukter. Derfor er der for disse varegrupper foretaget fremskrivninger af den forventede realprisudvikling.

2.2.1. Energifriser

For energipriserne benyttes Energistyrelsens basisfremskrivning 2017 for realpriserne på disse produkter i perioden frem til 2040, hvorefter realpriserne forudsættes konstante. For elpriser fratrækkes PSO-afgiften.

Prisen på biogas spiller en særlig rolle, da biogasproduktion er et af de analyserede virkemidler. Det antages, at markedsprisen på biogas er afledt af prisen på naturgas, som er det energiprodukt, biogassen især substituerer. Biogasprisen er derfor opgjort som den forventede markedspris beregnet ud fra naturgasprisen *an værk* (i Energistyrelsens basisfremskrivning 2017) samt den forventede udvikling i tilskuds- og afgiftssatser over tid for de forskellige biogasanvendelser. For biogas, der afsættes i kvotesektoren, indgår værdien af de frigjorte CO₂-kvoter i markedsværdien. Den forventede værdi af CO₂-kvoter fremgår ligeledes af Energistyrelsens basisfremskrivning 2017.

Tabel 2.1 viser den beregnede salgsværdi for biogas, når denne erstatter naturgas i forskellige anvendelser: opgradering af biogas til naturgasnettet, biogas til kraftvarme, decentral varme og procesvarme. I biogaskapitlet følger en mere detaljeret gennemgang af disse.

Prisen på naturgas ses i venstre side af tabel 2.1. Efter 2040 er prisen holdt konstant. Realprisen stiger ifølge Energistyrelsens fremskrivning i perioden 2021-2040 fra knap 44 kr./GJ til knap 81 kr./GJ, en stigning på ca. 84 procent, svarende til en årlig vækstrate på 3 procent.

Til sammenligning ligger de beregnede biogaspriser for de forskellige anvendelser i intervallet 130-165 kr./GJ i 2021. Forskellen på naturgasprisen og biogaspriserne skyldes de forskellige tilskud til biogas. Som det også fremgår af tabellen, er der generelt tale om svagt faldende realpriser for biogas i de forskellige anvendelser frem til 2040. Det skyldes, at en del af tilskuddene aftrappes ved stigende naturgaspris i forhold til et givet referenceniveau, mens andre tilskud fremskrives med 60 procent af

nettoprisindekset, hvilket betyder en faldende realværdi. De beregnede tilskudssatser i beregningsperioden kan ses i Appendiks 2.

Tabel 2.1. Beregnede salgspriser for biogas i forskellige anvendelser, kr./GJ

	Naturgaspris anværk	Biogaspriser							
		KV, ikke-kvote-sektor	KV, kvote-sektor	Opgr. biogas NG-net, ikke-kvote-s.	Opgr. biogas NG-net, kvote-s.	Decent. varme, ikke-kvote-s.	Decent. varme, kvote-s.	Proces-varme, ikke-kvote-s.	Proces-varme, kvote-s.
	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ
2021	43,8	164,5	157,0	162,9	165,6	138,7	131,6	135,8	128,7
2022	47,1	164,2	156,7	162,1	164,9	138,6	131,6	135,7	128,8
2023	50,2	163,7	156,4	161,1	164,1	138,5	131,7	135,6	128,8
2024	53,2	163,2	156,1	160,1	163,2	138,4	131,7	135,5	128,8
2025	55,9	162,7	155,7	159,0	162,3	138,2	131,7	135,3	128,8
2026	58,7	162,4	155,6	158,3	161,7	138,2	131,9	135,3	129,0
2027	61,3	162,0	155,4	157,4	161,1	138,1	132,0	135,2	129,1
2028	63,9	161,6	155,3	156,5	160,4	138,1	132,2	135,1	129,3
2029	66,3	161,3	155,2	155,8	159,9	138,0	132,4	135,1	129,4
2030	68,7	161,0	155,2	155,0	159,4	138,0	132,6	135,0	129,6
2031	70,5	160,1	154,5	153,7	158,4	137,3	132,2	134,4	129,3
2032	72,2	159,9	154,5	153,0	157,9	137,3	132,4	134,4	129,5
2033	73,8	159,6	154,6	152,3	157,5	137,3	132,7	134,3	129,7
2034	75,4	159,3	154,6	151,6	157,1	137,2	133,0	134,3	130,0
2035	76,9	159,1	154,7	150,9	156,7	137,2	133,2	134,2	130,3
2036	77,8	157,5	153,5	149,4	155,6	135,7	132,1	132,7	129,1
2037	78,5	157,5	153,9	149,4	155,9	135,7	132,5	132,7	129,5
2038	79,2	157,5	154,3	149,4	156,3	135,7	132,9	132,8	129,9
2039	79,9	157,5	154,7	149,4	156,8	135,7	133,3	132,8	130,4
2040	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2041	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2042	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2043	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2044	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2045	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2046	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2047	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2048	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2049	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
2050	80,5	157,5	155,2	149,4	157,2	135,8	133,8	132,8	130,8
Pct. ændring 2021-2040	84 %	-4,3 %	-1,2 %	-8,3 %	-5,1 %	-2,1 %	1,7 %	-2,2 %	1,7 %

Kilde: Energistyrelsen (2017), m.fl. samt egne beregninger

2.2.2. Forventet udvikling i realpriserne på fodermidler

De to virkemidler, der omfatter foderændringer til hhv. malkekøer og malkekvægsopdræt, forudsætter ændret sammensætning af fodermidlerne vårbyg, rapsfrø, rapskage, sojaskrå, halm, majsensilage, kolbemajs og græsensilage. Realprisudviklingen for disse fodermidler er bestemt i forhold til gennemsnitspriserne for perioden 2011-2015, der er hentet fra SEGES' budgetkalkuler. Priserne er an landmand og dermed inklusive engrosavancer. Gennemsnitspriserne er fremskrevet til 2025, hvorefter de holdes konstant med undtagelse af halm, som fremskrives frem til 2040.

Halmprisen fremskrives vha. af Energistyrelsen prisstigningstakt for træflis, da det antages, at prisen på halm fremover bestemmes af prisen på træflis pga. substitutmuligheder mellem biomasser i energiproduktionen. Realprisen på de resterende fodermidler fremskrives på basis af den forventede prisudvikling for udvalgte fodermidler frem til 2025 i OECD/FAO (2016). Her er fremskrivningen i løbende priser, der deflateres og omregnes til procentuelle årlige ændringer. Realpriserne forudsættes konstante efter 2025.

Realprisudviklingen for proteinfodermidlerne sojaskrå og rapskage fremskrives med den reale prisudviklingstakt for "protein meals" i OECD/FAO (2016). Realprisen på byg, majsensilage, kolbemajs og græsensilage fremskrives ved udviklingstakten for "feed barley", mens rapsfrø fremskrives med udviklingstakten for "oil seeds".

Prisfremskrivningerne ses i tabel 2.2. Som det fremgår af tabellen sker de væsentligste ændringer i forhold til perioden 2011-2015 frem til 2021, mens OECD/FAO-statistikken herefter forudser konstante realpriser eller ubetydelige ændringer. Realprisen på proteinfodermidler falder årligt med 0,3 procent i perioden 2016-2021 og med 0,1 procent i 2021-2025, foderbyg med 1,2 procent per år i perioden 2016-2021 og med 0 procent i 2021-2025, mens rapsfrø falder med 2,9 procent per år i perioden 2016-2021 og 0,8 procent i 2021-2025. Da prisfremskrivninger er forbundet med betydelig usikkerhed, foretages der følsomhedsanalyser af ændrede foderprisforudsætningers betydning for CO₂-skyggeprisen, hvor det er relevant.

Tabel 2.2. Forventet udvikling i realpriser¹⁾ på fodermidler

	Enhed	Gnsn. 2011-2015	2021	2022	2023	2024	2025
Foderbyg	Kr./kg	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Rapsfrø	Kr./kg	3,2	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7
Rapskage	Kr./kg	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Sojaskrå	Kr./kg	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Halm	Kr./kg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Majsensilage	Kr./FE	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Kolbemajs	Kr./FE	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Græsensilage	Kr./FE	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

¹⁾ Løbende priser er omregnet til realprisudvikling med BVT-deflatoren for Danmark.
Kilde: SEGES (206), Energistyrelsen (2017), OECD/FAO (2016) samt egne beregninger

2.2.3. Forventet udvikling i realpriserne på landbrugets salgsprodukter

Udviklingen i realpriserne *ab landmand* på de vigtigste landbrugsprodukter er fremskrevet til 2030 baseret på EU-landbrugsmodellen AGMEMOD (Jensen, 2017) og de internationale analyseinstitutter OECD og FAO (OECD/FAO, 2016). Den forventede realprisudvikling for de vigtigste landbrugsprodukter i perioden 2016-30 ses i tabel 2.3. Til sammenligning vises gennemsnitspriserne *ab landmand* på de pågældende landbrugsprodukter i perioden 2011-15 fra SEGES' budgetkalkuler.

Som det fremgår af tabellen, er gennemsnitprisen på korn *ab landmand* opgjort til 134-136 kr./hkg i femårsperioden 2011-15. Tabellen viser, at AGMEMOD-fremskrivningen forventer, at realprisen i 2030 vil være faldet til 110 kr./hkg for hvede og 97 kr./hkg for byg. Det svarer til gennemsnitlige reapisfald per år på knap 1,2 procent for hvede og 1,4 procent for byg. For raps forventes realprisen at falde fra 299 til 190 kr./hkg, svarende til i snit 1,3 procent per år. Realpriserne på svinekød og mælk forventes at falde med i gennemsnit hhv. 2,1 og 1,4 procent per år frem mod 2030.

Tabel 2.3 viser også OECD's/FAO's forventninger til prisudviklingen på verdensmarkedet for udvalgte landbrugsprodukter frem til 2025. Også her forventes realprisfald, men i noget mindre omfang end i AGMEMOD-fremskrivningerne. For hvede og foderbyg er de gennemsnitlige årlige realprisfald hhv. 1,8 og 0,7 procent mod gennemsnitlige realprisfald på hhv. 1,7 og 1,4 procent i AGMEMOD-fremskrivningen. Realprisfaldet for oliefrø er derimod noget større i OECD/FAO-fremskrivningen med 2,0 procent i gennemsnit per år mod 1,3 procent AGMEMOD-fremskrivningen. Fremskrivningerne har dog forskellige slutår.

Tabel 2.3. Forventet udvikling i realpriser¹⁾ på landbrugsprodukter i AGMEMOD og OECD/FAO

	BK ²⁾	AGMEMOD (Danmark)												
	Gns. 2011-2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gns. 2016- 2030	Gns. %-ændring 2011/15- 2030
Hvede, kr./hkg	136	125	125	124	123	122	120	118	116	114	112	110	121	-1,16 %
Byg, kr./hkg	134	111	111	110	109	108	106	104	102	100	98	97	107	-1,40 %
Raps, kr./hkg	299	221	220	216	215	211	207	204	200	197	193	190	212	-1,32 %
Svinekød, kr./kg	10,2	9,4	9,2	9,0	8,8	8,5	8,2	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	8,6	-2,07 %
Mælk, kr./kg	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,4	-1,37 %
OECD/FAO														
	Gns. 2013-2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025						Gns. 2016- 2025	Gns. %-ændring 2013/15- 2025
Hvede, kr./hkg	162	127	129	129	129	128	126						132	-1,82 %
Foder- byg, kr./hkg	127	97	101	102	102	102	101						101	-0,68 %
Oliefrø, kr./hkg	275	236	237	230	228	229	230						242	-1,95 %
Svinekød, kr./kg	17,7	16,1	16,1	15,7	15,2	14,9	14,5						15,7	-1,27 %
Smør, kr./kg	21,9	18,7	19,0	18,9	18,8	18,9	18,7						19,0	-0,49 %

¹⁾ Løbende priser er omregnet til realprisudvikling med BVT-deflatoren for Danmark.

²⁾ Prisgennemsnit ab landmand fra Budgetkalkuler 2008-2012 (SEGES FarmtalOnline, forskellige årgange).

Procentændringer er beregnet som den gennemsnitlige årlige vækstrate i prisen i perioden i de angivne perioder.

Kilde: SEGES (2016), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), samt egne beregninger.

2.3. Jordrenteberegninger

For de virkemidler, der medfører ændringer i den nuværende anvendelse af landbrugsjord, opgøres de økonomiske omkostninger som ændringer i jordrenten. Jordrenten repræsenterer nettoafkastet til produktionsfaktoren landbrugsjord. Den opgøres som forskellen mellem afgrødens (salgs)værdi og de samlede omkostninger ved dyrkning af afgrøden, herunder udsæd, gødning, kemikalier, aflønning af arbejdskraft (inklusive ejerens) samt afskrivninger og forrentning af maskiner og udstyr. Principielt svarer jordrenten til den forpagtningsafgift, der kan betales for jord af en given dyrkningsværdi.

Udviklingen i jordrenten afhænger ikke alene af udviklingen i priserne på salgsprodukter og input. Realpriserne på korn og andre afgrøder er gennem en lang årrække faldet hurtigere end prisen på produktionsfaktorer. Denne bytteforholdsforringelse er blevet helt eller delvis opvejet af stigende faktorproduktivitet. I det følgende sammenholdes de forventede realprisændringer for afgrøder med den forventede produktivitetsudvikling i planteproduktionen.

2.3.1. Produktivitetsudviklingen i planteproduktionen

De vigtigste produktivitsdeterminanter er udviklingen i afgrødeudbytterne per ha samt udviklingen i arbejds- og kapitalproduktiviteten. I tabel 2.4 ses de forventede udbyttetigninger i landbrugsmodellen AGMEMOD (Jensen, 2017). For hvede, byg og raps forventes udbytterne per ha at stige med en gennemsnitlig årlig vækstrate på hhv. 0,2, 0,4 og 1,2 procent fra 2016 til 2030. Den forventede stigning i afgrødeudbytterne per ha er således ikke alene tilstrækkelige til at opveje de forventede realprisfald på afgrøder i tabel 2.3 ovenfor.

Tabel 2.4. Forventede udbyttetigninger i danske produktionsgrene i AGMEMOD, 2016-30

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gns. årlig pct. vækstrate 2016-2030
Hvede, t/ha	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	0,2 %
Byg, t/ha	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	6,0	6,0	6,0	6,1	6,1	6,1	6,2	6,2	0,4 %
Raps, t/ha	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	1,2 %
Mælk, t/ko	9,3	9,4	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,8	10,9	11,0	1,2 %
Grise/årsso	25	25	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31	1,6 %

Kilde: Jensen (2017)

Et andet væsentligt bidrag til produktivitetsudviklingen er stigninger i arbejds- og kapitalproduktiviteten. Et samlet mål for produktivitsstigningen i landbruget fås gennem udviklingen i totalfaktorproduktiviteten. Totalfaktorproduktiviteten i dansk landbrug steg ifølge Andersen et al. (2011, s. 35) med godt 20 procent i perioden 2000-2009, svarende til en gennemsnitlig årlig stigning på 2,2 procent. En væsentlig årsag til den stigende produktivitet skal søges i strukturudviklingen med de deraf følgende størrelsesøkonomiske gevinster (op. cit.).

Til sammenligning forventes der ifølge AGMEMOD-fremskrivningerne realprisfald på afgrøderne hvede, byg og raps i størrelsesordenen 1,2-1,4 procent i gennemsnit per år frem til 2030, mens OECD/FAO forventer realprisfald på 0,7-2,0 procent om året frem til 2025. Hvilket af disse scenarier, der er mest sandsynligt, er umuligt at afgøre.

2.3.2. Beregnede jordrenter for standardsædskifter

Jordrenteberegningerne er gennemført for typiske salgsafgrødesædskifter på hhv. sandjord og lerjord i perioden 2021-2030. Resultaterne ses i tabel 2.5. Udgangspunktet for analysen er gennemsnitlige jordrenter beregnet for femårsperioden 2011-2015, i tabel 2.5 betegnet som basisåret. Opgørelserne er baseret på budgetkalkuler fra SEGES, hvor ”dækningsbidrag efter maskin- og arbejdsomkostninger” svarer til ovenstående definition af jordrenten. Der er for kornafgrødernes vedkommende tale om foderkorn bortset fra maltbyg (på lerjord).

En vurdering af jordrenteudviklingen i den samlede analyseperiode 2021-2050 kræver inddragelse af den forventede realprisudvikling for afgrøder og de vigtigste produktionsfaktorer samt den forventede produktivitetsudvikling i afgrødeproduktionen. De beregnede jordrenter i basisperioden er derfor fremskrevet med hensyn til den forventede udvikling i produktivitet, udbytter, afgrødepriser og omkostninger til gødning.

Opgørelsen af produktivitetsudviklingen tager udgangspunkt i den ovenfor nævnte stigning i totalfaktorproduktiviteten på 2,2 procent om året for landbruget som helhed. Dette tal kan dog ikke overføres direkte til fremskrivning af jordrenteudviklingen, som alene relaterer sig til planteavl. I opgørelsen af totalfaktorproduktiviteten indgår udbyttestigninger i planteproduktionen sammen med stigninger i maskin- og arbejdskraftproduktiviteten for landbrugsproduktionen som helhed, og det er ikke muligt at isolere de enkelte faktorer i de til rådighed værende beregninger. I stedet forudsættes det, at maskin- og arbejdskraftproduktiviteten vokser med 1,5 procent per år frem til 2030. Dertil kommer de forventede stigninger i afgrødeudbytterne, som fremgår af AGMEMOD-beregninger sammen med den forventede udvikling i realpriserne på afgrøder. For gødningsprisen benyttes OECD's/FAO's fremskrivning til 2025, hvorefter den holdes konstant. Gødningsforbruget fremskrives med samme takt som stigningen i udbytter. Halmudbyttet forudsættes at være konstant. Efter 2030 forudsættes jordrenterne at være konstante.

Som det fremgår af tabel 2.5, er den gennemsnitlige jordrente beregnet til 4.288 kr./ha på lerjord og 783 kr./ha på sandjord for basisperioden 2011-2015, hvor der i nogle år har været negative jordrenter på sandjorden. Jordrenterne for basisperioden er fremskrevet til 2030 ved anvendelse af de ovenfor beskrevne forudsætninger om produktivitetsudviklingen, udbyttestigninger, afgrødepriser og omkostninger til gødning. Jordrenten på sandjord er på baggrund af fremskrivningen beregnet til 1.249 kr./ha i 2021, hvorefter den udviser et beskedent fald til 1.233 kr./ha i 2030. For lerjord er jordrenten fremskrevet til 4.722 kr./ha i 2021 og 4.490 kr./ha i 2030. Fra 2030 og frem fastholdes jordrenterne på 2030-niveauet i de økonomiske analyser af CO₂-skyggeprisen. (Detaljerede tabeller over beregningerne findes i Appendiks 1.) Da den faktiske udvikling afhænger af adskillige faktorer som afgrødepriser, udbytter og produktivitetsudviklingen iøvrigt, er jordrentefremskrivningerne forbundet med betydelig usikkerhed.

Det kan tilføjes, at jordrenten er en del højere på bedrifter med egen husdyrgødning, da det reducerer omkostningerne til handelsgødning. Det har især betydning på sandjord, idet en væsentlig del af husdyrholdet befinder sig på sandjordsbedrifter. Når der i tabel 2.5 alene er beregnet jordrenter for sædskifter uden husdyrgødning, skyldes det, at der i nærværende analyser ikke er mulighed for at afgøre, hvilke arealer der udgår af drift ved virkemidler, som ændrer anvendelsen af landbrugsjord.

Tabel 2.5. Forventede jordrenter for sædskifter på sand- og lerjord i perioden 2021-2030, kr. per ha

	Afgrøde	Nettoresultat efter maskin- og arbejdsomkostninger											Gnsn. årlig %-vækst
		Basisår, gnsn. 2011-2015	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2021-2030
SAND-JORD JB 1-3 u. vandning	Vinterhvede 1. års (foder)	1.514	1.912	1.903	1.893	1.883	1.873	1.870	1.867	1.863	1.860	1.856	-0,33 %
	Vinterhvede efter korn (foder)	748	1.177	1.171	1.165	1.159	1.152	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	-0,22 %
	Vårbyg (foder)	358	703	710	717	723	728	739	750	760	770	779	1,16 %
	Vinterbyg efter korn	1.044	1.395	1.392	1.388	1.384	1.380	1.382	1.385	1.386	1.388	1.389	-0,04 %
	Vinterraps	254	1.057	1.049	1.039	1.029	1.017	1.013	1.008	1.002	995	988	-0,75 %
	Gns. sædskifte	783	1.249	1.245	1.240	1.236	1.230	1.231	1.232	1.233	1.233	1.233	-0,04 %
LER-JORD JB 5-6	Vinterhvede 1. års (foder)	5.874	6.209	6.163	6.117	6.072	6.027	5.990	5.954	5.918	5.882	5.847	-0,66 %
	Vinterhvede efter korn (foder)	4.706	5.085	5.047	5.009	4.971	4.934	4.905	4.876	4.847	4.819	4.791	-0,66 %
	Vårbyg (malt)	3.679	3.905	3.889	3.873	3.857	3.839	3.829	3.818	3.807	3.796	3.784	-0,35 %
	Vinterbyg efter korn	3.917	4.174	4.153	4.131	4.109	4.086	4.071	4.056	4.041	4.025	4.010	-0,45 %
	Vinterraps	3.262	4.239	4.213	4.186	4.158	4.129	4.109	4.088	4.065	4.042	4.018	-0,59 %
	Gns. sædskifte	4.288	4.722	4.693	4.663	4.634	4.603	4.581	4.558	4.536	4.513	4.490	-0,54 %

Kilde: SEGES (2016), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsen (2017), Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets regnearkskabelon (2017), samt egne beregninger

Referencer

- Andersen, J.M., J. Hansen, L.-B. Jacobsen & S. Rasmussen (2011): *Landbrugets og fødevareindustriens produktivitetsudvikling*, (Rapport nr. 208, Fødevareøkonomisk Institut). https://curis.ku.dk/ws/files/37771940/FOI_rapport_208.pdf
- De Økonomiske Råd (2018): *Økonomi og Miljø 2018*, Rapport fra formandskabet. https://www.dors.dk/files/media/rapporter/2018/M18/m18_.pdf
- Dubgaard, A., F.M. Laugesen, L. Ståhl, J.R. Bang, E. Schou, B.H. Jacobsen, J.E. Ørum & J.D. Jensen (2013): *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. 305 s. (IFRO Rapport; Nr. 221). http://curis.ku.dk/ws/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf
- Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018): *Beregningsmetode til samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler til brug for opnåelse af EU-2030-mål uden for kvotesektor* (Udkast, version 19. januar, 2018)
- Energistyrelsen (2017): Brændselsprisfremskrivning, regneark af d. 5. maj 2017.
- Finansministeriet (2017): *Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger*. August 2017. <https://www.fm.dk/publikationer/2017/vejledning-i-samfundsoekonomiske-konsekvensvurderinger>
- Hanrahan, K., T. Donnellan & P. Howley (2008): Results of Policy Scenario Analysis, Agricultural Member State Modelling for the EU and Eastern European Countries (AGMEMOD 2020), AG-MEMOD WP7 P12 D12, Agri-food projections for EU member states, 22 December 2008.
- Jacobsen, B.H. (2017): *Beregning af kvælstofskyggepris med udgangspunkt i Fødevare- og Landbrugspakken*. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Udredning, Nr. 2017/08. http://static-curis.ku.dk/portal/files/179405531/IFRO_Udredning_2017_08.pdf
- Jensen, J.D. (2017): *Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030*. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Rapport, Nr. 255. http://static-curis.ku.dk/portal/files/171789712/IFRO_Rapport_255.pdf
- Klimarådet (2017): Omstilling frem mod 2030. Byggeklodser til et samfund med lavere drivhusgasudledninger.
- OECD/FAO (2016): OECD-FAO Agricultural Outlook. OECD Agriculture statistics (database). <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>
- Olesen, J.E., S.O. Petersen, P. Lund, U. Jørgensen, T. Kristensen, L. Elsgaard, P. Sørensen & J. Lassen (2018): *Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser*. DCA Rapport.
- SEGES (2016): Budgetkalkuler (2011, 2012, 2013, 2014, 2015). Kan hentes her: <https://farmtalon-line.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx>
- Vidø, E. & J.S. Schou (red.) (2017): *Landbrugets økonomi 2017*. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. https://curis.ku.dk/ws/files/187076205/Landbrugets_Okonomi_2017.pdf

DEL II

3. OMKOSTNINGSBEREGNINGER FOR VIRKEMIDLER

3.1. Biogas og biogas med hyppigt udsluset kvæggylle og kølet svinegylle

3.1.1. Beskrivelse af virkemiddel

Indhold og omfang

Udgangspunktet for biogasberegningerne er et standardscenarie, hvor biogasproduktionen er baseret på husdyrgødning i form af ubehandlet gylle tilsat fiberfraktionen fra separeret gylle. Efterfølgende analyseres et scenarie med hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle. Disse foranstaltninger øger potentialet for drivhusgasreduktion betydeligt, men kræver yderligere politiske tiltag.

I de tidligere analyser fra 2013 (IFRO Rapport nr. 221 af Dubgaard et al., 2013) var det forudsat implementeringsinstrument for biogastiltaget en afgift på 25 kr./ton gylle, der ikke blev enten bioafgasset eller forsuret. Skatteministeriet har i forbindelse med de nuværende beregninger oplyst, at denne udformning af afgiftsinstrumentet formentlig vil være i strid med EU-regler. Afgiftsinstrumentet er derfor opgivet i de aktuelle beregninger. I stedet forudsættes biogastiltaget implementeret ved anvendelse af tilskud. En væsentlig forøgelse af de nuværende tilskud til biogas ville formentlig også være i strid med EU-regler om den tilladte størrelse af tilskud til vedvarende energi, da der i givet fald ville være tale om overkompensation for nettoomkostningerne ved produktion af biogas. Der er således behov for et realistisk implementeringsinstrument i scenariet, som ikke er i strid med EU-regler.

De nuværende tilskud til biogas antages at blive udfaset fra 2023 og frem (pers. medd. Lisbeth Strandmark/Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2017),¹⁰ hvorefter det må antages, at udbygningen af biogaskapaciteten vil ophøre. Det valgte implementeringsinstrument er en fortsættelse af den hidtidige tilskudspolitik fra 2023 og frem til 2030. Det antages, at det vil skabe incitament til en genoptagelse af udbygningen af biogasproduktionen fra og med 2023 – i samme omfang som i perioden op til 2023. Denne udformning af implementeringsinstrumentet betyder, at biogastiltaget først starter i 2023, i modsætning til de øvrige tiltag der har 2021 som begyndelsesår.

¹⁰ Efter afslutningen af analyserne i denne rapport er der vedtaget ændringerne i støtten til fremtidig udbygning af biogas, som det fremgår af energiaftalen vedtaget i juni 2018 (<https://efkm.dk/media/12222/energiaftale2018.pdf>). Ændringerne kan opsummeres som følger: Fra 2020 vil den nuværende støtte ikke omfatte nye anlæg. Samtidig indføres der et loft for støtten, ligesom der løbende skal foretages en vurdering af, om der er tale om overkompensation. Støtten til anvendelse af biogasproduktion fra eksisterende anlæg kan bevares frem til 2032 og i mindst 20 år for de enkelte anlæg. Der afsættes samtidig en pulje på 240 mio. kr. (nominelt) årligt over 20 år til udbygning af biogas og andre grønne gasser til opgradering, transport og industrielle processer. Støtte fra puljen vil som udgangspunkt blive tildelt i udbud med prislofter.

Beregningerne tager udgangspunkt i en fremskrivning af potentialet for øget biogasproduktion i landbruget i perioden 2023-2030 foretaget af Energistyrelsen ifm. de økonomiske analyser af biogastiltaget. Denne fremskrivning ligger i forlængelse af den basisfremskrivning af biogasproduktionen, der er foretaget af DCE frem til 2023 (Olesen et al., 2018). Ved fastlæggelsen af kapacitetsforøgelsen i biogastiltaget er der taget højde for det forventede potentiale for gylleforsuring. Det skyldes, at gylle forsuret med svovlsyre ikke forventes at blive accepteret som input i biogasproduktion (op. cit.).¹¹

Tabel 3.1.1 viser de forudsatte potentialer for bioafgasning, forsuring af gylle og gyllekøling frem til 2030. I 2016 blev der afgasset knap 6 mio. ton gylle, svarende til 15 procent af den samlede gyllemængde. DCE's baselinefremskrivning forudsætter, at afgasningsomfanget øges til 11,6 mio. ton gylle frem til 2023, svarende til 28 procent af den samlede gyllemængde. Tiltaget forudsætter, at afgasningen af gylle øges med yderligere 14,9 mio. ton i perioden 2024-2030, med etablering af de første anlæg i 2023. (Det forudsættes, at biogasanlægget ikke producerer biogas i etableringsåret.) Det svarer til, at de 28 procent af gyllemængden i basisfremskrivningen vil blive forøget med yderligere 36 procent, således at i alt 64 procent af den samlede gyllemængde vil blive afgasset i 2030. Denne udbygning ligger inden for rammerne af det afgasningspotentiale på 16,3 mio. ton, som er angivet i Olesen et al. (2018). For en detaljeret gennemgang af fastsættelse af potentialer for gyllerelaterede tiltag, se Olesen et al. (2018).

Af tabel 3.1.1 fremgår det, at forsøringsomfanget forventes at nå op på 24 procent af den samlede gyllemængde i 2030. Her forudsættes det, at potentialet for øget forsuring er begrænset til nyt staldbyggeri. Det skyldes, at etablering af forsøringsanlæg i eksisterende stalde sandsynligvis vil være forbundet med større omkostninger, og i mange tilfælde formentlig vil være økonomisk uinteressant. Ifølge virksomheden JH Agro kan det dog være relevant at etablere forsøringsanlæg i nogle eksisterende stalde afhængigt af gyllesystemets indretning. Det er typisk sket i forbindelse med en udvidelse af eksisterende staldanlæg (pers. komm. Ken Hyldgaard, JH Agro A/S). Der er imidlertid ikke tilstrækkeligt vidensgrundlag til at analysere de økonomiske aspekter af etablering af forsøringsanlæg i sådanne stalde.

Som nævnt antages det, at gylle forsuret med svovlsyre ikke vil blive anvendt i biogasproduktion. De afgassede og forsurede mængder kan således adderes, og det betyder, at i alt 88 procent af gylleproduktionen forventes at blive enten afgasset eller forsuret i 2030. Dertil kommer, at 17 procent af den samlede gyllemængde forventes at blive kølet i 2030 (Olesen et al., 2018). Køling udelukker ikke anvendelse af gyllen i biogasproduktion. Derfor indeholder tabel 3.1.1 ikke en sum for alle tre teknologier. Det relativt høje behandlingspotentiale, der forudsættes, skal ses i sammenhæng med struktur-

¹¹ Et forskningsprojekt ved Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet (<http://scitech.au.dk/roemer/feb15/bruger-du-sukker-i-gyllen/>) og SEGES (https://www.landbrugsinfo.dk/Oekologi/biogas/Sider/Bioforsuring_af_gylle_forside.aspx) m.fl. viser, at bioforsuring, der benytter mælkesyre-gæring til at forsure gyllen, kan erstatte svovlsyre som middel til at nedbringe ammoniakfordampningen. Den nødvendige mælkesyreproduktion frembringes ved tilsætning af sukkerholdige materialer til gyllen. Hvis denne teknologi viser sig at være miljømæssigt og økonomisk relevant, vil den behandlede gylle kunne anvendes i biogasanlæg. Bioforsuring med sukkerholdige materialer kan dog ikke umiddelbart erstatte svovlsyre som virkemiddel til reduktion af metan, da en del af den metan-reducerende effekt kan skyldes dannelse af sulfit i gyllen efter svovlsyretilsætning (Petersen et al., 2012). Der mangler endnu dokumentation for effekten af bioforsuring på metanudledning fra gylle.

udviklingen, som må forventes at medføre en (væsentlig) reduktion i antallet af mindre husdyrbedrifter med gylleanlæg frem til 2030. Det vil give mulighed for at behandle en større andel af den samlede gyllemængde uden stigende enhedsomkostninger.

Tabel 3.1.1 Oversigt over gyllemængder og omfang af afgang, forsure og gyllekøling, 2030

	Enhed	Tidspunkt	Omfang			
			Kvæg	Svin	Andet	I alt
Gyllemængde	mio. ton	2030	21,8	18,1	1,7	41,6
Afgasning						
Afgasset i baseline	mio. ton	2030	6,7	4,9		11,6
Andel afgasset i baseline	%	2030	31	27		28
Afgasset i virkemiddel	mio. ton	2030	6,3	7,0	1,6	14,9
Andel afgasset i virkemiddel	%	2030	29	39	96	36
Afgasset i alt, baseline og virkemiddel	mio. ton	2030	13,0	11,9	1,6	26,5
Andel afgasset, baseline og virkemiddel	%	2030	60	66	96	64
Forsuring						
Forsuret i baseline	mio. ton	2030	2,5	0,9		3,4
Andel forsuret i baseline	%	2030	11	5		8
Forsuret i virkemiddel	mio. ton	2030	3,4	3,2		6,6
Andel forsuret i virkemiddel	%	2030	16	18		16
Forsuret, baseline og virkemiddel, alt i	mio. ton	2030	5,9	4,1		10,0
Andel forsuret, baseline og virkemiddel, alt i	%	2030	27	23	0	24
Afgasning og forsure						
Afgasset eller forsuret i virkemiddel og baseline	mio. ton	2030	18,9	16,0	1,6	36,5
Andel afgasset eller forsuret i virkemiddel og baseline	%	2030	87	88	96	88
Køling af svinegylle						
Kølet i baseline	mio. ton	2030	0	3,8	0	3,8
Andel kølet i baseline	%	2030	0	21	0	9
Kølet i virkemiddel	mio. ton	2030	0	3,2	0	3,2
Andel kølet i virkemiddel	%	2030	0	18	0	8
Kølet i baseline og virkemiddel	mio. ton	2030	0	7	0	7
Andel kølet i baseline og virkemiddel	%	2030	0	39	0	17

Kilde: pers. medd. Jørgen E. Olesen (2017), pers. medd. Lisbeth Strandmark/Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2017) samt egne beregninger

Tørstofindholdet i gylle er for lavt til, at der kan opnås tilstrækkelig effektivitet i biogasproduktionen ved anvendelse af gylle alene. Hidtil er gylle i betydeligt omfang blevet tilsat industriaffald mv. for at øge biogasproduktionen per m³ biomasse. Der er imidlertid begrænsede mængder affald af denne type til rådighed, og med en forøgelse af afgangsomfanget fra de nuværende ca. 15 procent til 64 procent af gyllemængden kan det ikke forventes, at den fremtidige udbygning kan baseres på tilsætning af industriaffald. De mængder organisk affald fra f.eks. slagterier, der er til rådighed for biogasproduktion, anvendes således allerede i dag ifølge Olesen et al. (2018). Derudover er der mulighed for at tilsætte organisk husholdningsaffald, men det må betragtes som en begrænset ressource, der muligvis vil være fuldt udnyttet ifm. baseline-scenariet for udviklingen i biogasproduktionen. Da nærværende analyse undersøger økonomien i en yderligere forøgelse af biogasproduktionen, indgår der ikke antagelser om anvendelse af affald i produktionen. I stedet forudsættes det, at der sikres et tilstrækkeligt højt tørstofindhold i den anvendte biomasse, ved at gyllen iblandes fiberfraktionen fra separeret gylle.

Beregningerne forudsætter, at udbygningen af biogasproduktionen ikke vil øge enhedsomkostningerne ved bioafgasning – bortset fra det forudsatte bortfald af muligheden for at tilsætte industriaffald. Det er der taget højde for ved indregning af omkostninger til gylleseparering. Størrelsesøkonomi og logistik er væsentlige determinanter for størrelsen af enhedsomkostningerne ved biogasproduktion. Enhedsomkostningerne kan således forventes at være nogenlunde konstante ved udbygning af biogasproduktionen, så længe der kan etableres biogasanlæg af optimal størrelse, uden at det fører til stærkt stigende transportomkostninger som følge af større afstande til gylleleverandørerne. Dette kræver, at nye biogasanlæg etableres i områder med tilstrækkelig husdyrtæthed. En stor del af den danske husdyrproduktion er koncentreret i landets vestlige egne. På den baggrund anses det for realistisk, at yderligere knap 36 procent af gyllemængden kan inddrages i biogasproduktion efter 2023 – som forudsat i biogastiltaget – uden stærkt stigende transportomkostninger.

Supplering af husdyrgødningen med energiafgrøder gør det lettere at sikre den nødvendige råvarevolumen til nyetablerede biogasanlæg. Ifølge reglerne for støtte til biogas må husdyrgødningen fra 2018 suppleres med op til 12 procent vægtinput i form af energiafgrøder, mens der i dag må suppleres op til 25 procent (Energistyrelsen, 2017a). Biogas af gylle i kombination med energiafgrøder undersøges dog ikke i nærværende analyse, der alene ser på gylle og fiberfraktion som input.

Beregning af afgangsningsomfanget

Opgørelsen af produktionsudviklingen i biogastiltaget er som nævnt baseret på en fremskrivning foretaget af Energistyrelsen. Denne fremskrivning er i petajoule (PJ), der skal omregnes til gyllemængder, for at tallene kan benyttes i nærværende scenarieberegninger. Ifølge fremskrivningen øges biogasproduktionen i landbruget med 0,72 PJ/år fra 2023 til 2029 (tabeloversigt dateret 17. marts 2017 fremsendt af Lisbeth Strandmark/Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet). Dette forudsætter som nævnt, at det nuværende tilskudsniveau fastholdes.

Omregningen af dette potentiale til gyllemængder er baseret på det metanproduktionspotentiale for gylle, der benyttes i biogastiltaget (se afsnit 3.1.9-10 og 3.3.2). Udbygningstakten på 0,72 PJ/år svarer under disse forudsætninger til en afgang af 1,7-1,9 mio. ton gylle årligt¹², afhængig af om biogasoutputtet opgøres med eller uden procesvarme og lækage. Med den benyttede forudsætning om størrelsen af biogasanlæg kræver denne produktionsforøgelse, at der bygges tre anlæg årligt i perioden 2023-2029 (rundet op), som hvert afgasser 0,7 mio. ton gylle. De først etablerede anlæg i 2023 vil være i drift i 2024, mens de sidst etablerede anlæg vil være i drift i 2030.

Fremskrivningen af biogasproduktion i tiltaget er som nævnt foretaget med udgangspunkt i Energistyrelsens fremskrivning af energiproduktionen på biogasanlæg i landbruget. Tallene er dog ikke direkte sammenlignelige, da produktionen i biogastiltaget udelukkende er baseret på gylle og fiberfraktion fra separeret gylle, mens der i Energistyrelsens fremskrivning også indgår andre biomasser.

¹² Dette svarer til en energiproduktion på 0,38-0,43 GJ/ton bagvedliggende gylle, afhængig af om biogasoutputtet opgøres med eller uden gasoutput anvendt i proces samt lækagegas.

Implementeringsinstrument

Biogasproduktion på basis af biomasse støttes bl.a. gennem en række pristillæg og lavere afgifter, som er beskrevet nærmere i afsnit 3.1.3 nedenfor. Som nævnt i indledningen er implementeringsinstrument i nærværende analyse en fastholdelse af den nuværende støtte fra 2023 og frem til 2030 – i modsætning til den udfasning fra 2023, som ellers forventes.

Implementeringsinstrumentet for biogas skal ses i sammenhæng med tiltaget gylleforsuring. Her forudsættes det, at implementering sker ved regelstyring i form af et krav om, at der skal foretages forsuring i alle nybyggede eller udvidede konventionelle kvæg- og svinestalde, medmindre gyllen anvendes i biogasproduktion. Det betyder, at der indirekte gives et incitament til bioafgasning af gylle, idet man så sparer omkostningerne ved forsuring i de nævnte tilfælde.

Beregningerne i standardscenariet viser et driftsøkonomisk overskud ved produktion af biogas på ca. 16 kr./ton gylle ved et kapitalforrentningskrav på 4 procent. På den baggrund virker det næppe usandsynligt, at tiltagets forudsatte udbygning af biogaskapaciteten kan realiseres ved opretholdelse af den nuværende tilskudsomfang. Der er dog forhold, som begrænser husdyrproducenters interesse for at indgå i et biogasprojekt, herunder risikoen ifm. kapitalbinding og eventuelt ugunstige finansieringsforhold, som også kan betyde, at lånerenten bliver højere end forudsat i nærværende beregninger. Fremskrivningen af den forventede udvikling i biogaskapaciteten er derfor forbundet med betydelig usikkerhed.

Konsekvenser

Konsekvenserne af tiltaget under de ovenfor givne forudsætninger fremgår af tabel 3.1.2. Opgørelserne i tabellen er foretaget under antagelser, der fremgår af Olesen et al. (2018), hvor ikke andet er nævnt.

Ved behandling af gylle i biogasanlæg forgæres organisk stof til metan, der anvendes til energiproduktion. Ved forgæringen reduceres gødningens indhold af omsætteligt kulstof og dermed potentialet for metanemission til atmosfæren under lagring, mens kulstoflagring i jorden reduceres i forhold til udbringning af ikke-afgasset gylle. Metanreduktionerne er beregnet af DCA ved anvendelse af en model, der også benyttes af DCE ved den nationale opgørelse, hvor reduktionen i metanudledningen for de enkelte gylletyper opgøres uafhængigt af evt. tilsætning af anden biomasse (pers. medd. Jørgen E. Olesen/DCA, 2017). Metanemissionerne ved lagring af gylle efter bioafgasning reduceres ifølge beregningerne med 8,0 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle, 15,3 kg CO₂-ækv./ton svinegylle og 11,3 kg CO₂-ækv./ton blandet kvæg- og svinegylle (Olesen et al., 2018).

Ved gylleseparering antages det, at 60 procent af det organiske stof i gyllen vil kunne frasepareres (op. cit.), hvilket er en reduktion fra 80 procent i Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013). Den lavere separationseffektivitet betyder også en mindre reduktion i metanemissionerne fra lageret. Under de nuværende forudsætninger vil metanemissionerne fra lageret blive reduceret med 17,3, 48,3 og 28,6 kg CO₂-ækv. for hver ton fiberfraktion fra hhv. kvæg-, svine- og blandet gylle.

Bioafgasning af gylle medfører reduceret kulstoflagring i jord som følge af omdannelsen af en del af gyllens kulstofindhold til biogas. Effekten på kulstoflagringen er derfor mindre, end hvad der svarer til andelen af omdannet kulstof i gyllen. Det skyldes, at det primært er den let omsættelige del af

kulstoffet, den omdannes, mens den resterende del af kulstoffet er sværere nedbrydeligt i jorden. På den baggrund antages det, at kulstoflagringen i jord (kun) vil blive reduceret med 25 procent af den mængde kulstof, der omdannes ifm. afgang af gyllen (Olesen et al., 2018). Som det fremgår af tabel 3.1.2, forudsættes kulstoflagringen reduceret med hhv. 1,7, 1,6 og 1,7 kg CO₂-ækv./ton kvæg-, svine- og blandet gylle (Olesen et al., 2018). For fiberfraktioner vil kulstoflagringen blive reduceret med hhv. 3,8, 5,1 og 4,4 kg CO₂/ton fiberfraktion fra hhv. kvæg-, svine- og blandet gylle.

Der regnes ikke længere med, at afgang af gylle reducerer emissionen af lattergas ifm. anvendelse af gyllen (op. cit.).

Der er risiko for gaslækage fra anlæggene i forbindelse med biogasproduktion og opgradering. På grund af biogasbranchens frivillige måleprogram og strengere krav forudsættes det i beregningerne, at lækagerne nedbringes mellem 2021-2030. For biogasanlæg forudsættes lækagen nedbragt til 0,9 procent af metanproduktionen (pers. medd. Bodil Harder/Energistyrelsen, 2017). Der vil også være lækager fra opgraderingsanlæg, som vurderes at udgøre 0,1 procent af biogasmængden (op. cit.).

Afgang af gylle antages at reducere kvælstofudvaskningen med 0,10 kg/ton kvæggylle, 0,08 kg/ton svinegylle og 0,10 kg/ton blandet gylle (Olesen et al., 2018).

Bioafgasning kan begrænse lugtemissionerne ved håndtering af gylle, idet indholdet af lugtende, fede syrer (VFA) i afgasset gylle er ca. 50 procent af indholdet i ubehandlet gylle (Fødevareministeriet, 2008). Tilsvarende er det vist, at lugtgenerne fra nyligt udbragt, afgasset gylle var ca. 25 procent af niveauet for ubehandlet gylle (op. cit.). Det er dog ikke muligt at beregne en samfundsmæssig skyggepris på lugtgener, da der ikke findes politiske målsætninger for lugtreduktioner fra gylle.¹³ Når der ikke foreligger en national målsætning om emissionsreduktioner, kunne en opgørelse af de nationale skadesomkostninger være en alternativ fremgangsmåde (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Skadesomkostningerne ved lugtgener kan estimeres ved anvendelse af f.eks. husprismetoden. Der foreligger imidlertid ikke anvendelige værdisætningsestimater af sådanne skadesomkostninger. Denne værdi indgår derfor ikke i beregningerne.

Fra selve biogasanlæggene kan der være såvel lugtgener som visuelle gener for boliger i nærheden. Heller ikke disse effekter er der empirisk grundlag for at værdisætte samfundsøkonomisk – af de samme grunde som nævnt ovenfor.

Landbrugets annuierede budgetøkonomiske nettoindtægter ved tiltaget er beregnet til 159 mio. kr., mens staten vil have annuierede nettoomkostninger på 325 mio. kr.

¹³ Den samfundsøkonomiske værdi af reduceret forurening kan bestemmes som den samfundsmæssige skyggepris på reduktion af den pågældende forurening (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2017). Forudsætningen, for at denne metode kan anvendes, er, at der eksisterer en politisk bestemt målsætning for opnåelse af en given miljøtilstand eller forureningsreduktion. Skyggeprisen er den marginale samfundsmæssige omkostning ved at realisere den givne målsætning. Da der ikke eksisterer en specifik politisk målsætning om en reduktion af lugtgenerne ved gylleudbringning, kan skyggeprismetoden ikke anvendes til værdisætning af de reducerede lugtgener som følge af afgang af gyllen. Det kan nævnes, at der findes et tidligere eksempel på værdisætning af lugtreduktion ved bioafgasning af gylle, som er foretaget ved at sidestille denne effekt med alternativt at nedfælde gyllen (Nielsen, 2002). Værdien af lugtreduktionen ved bioafgasning blev opgjort som meromkostningerne ved nedfældning af gyllen. Som nævnt kan en sådan fremgangsmåde dog først betragtes som samfundsøkonomisk relevant, hvis der indføres en samfundsmæssig målsætning for en specifik reduktion af lugtgenerne ved udbringning af gylle.

Tabel 3.1.2 Konsekvensskema for biogasproduktion af yderligere 36 % af gyllemængden i 2030

	Enhed	Tidspunkt	Effekt
Gylleproduktion i Danmark i alt, 2030	mio. ton gylle	Årligt	41,6
Potentiale	%	Årligt	36
Gyllemængde omfattet	mio. ton gylle pr. år	2030	14,9
Heraf ikke-separeret gyllemængde	%	Årligt	83
Heraf gyllemængde der separeres	%	Årligt	17
Anlægskapacitet	ton	Dagligt	986
Antal anlæg	stk.	2030	21
Driftsøkonomiske omkostninger, landbruget	mio. kr.	Annuiseret	-159
Driftsøkonomiske omkostninger, staten	mio. kr.	Annuiseret	325
CO ₂ -reduktion i ikke-kvotesektor, inkl. kulstoflagring	1.000 ton CO ₂ -ækv. pr. år	2030	244 ¹⁾
CO ₂ -reduktion i ikke-kvotesektor, inkl. kulstoflagring	1.000 ton CO ₂ -ækv. pr. år	2031	250 ¹⁾
CO ₂ -reduktion i kvotesektor	1.000 ton CO ₂ -ækv. pr. år	2030	95
Reduktion af metanudslip fra lager, kvæggylle	kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	8,0
Reduktion af metanudslip fra lager, svinegylle	kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	15,3
Reduktion af metanudslip fra lager, blandet gylle	kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	11,3
Kulstoflagring i jord, kvæggylle	kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	-1,7
Kulstoflagring i jord, svinegylle	kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	-1,6
Kulstoflagring i jord, blandet gylle	kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	-1,7
Reduktion af kvælstofudvaskning, kvæggylle	kg N/ton gylle	Årligt	0,1
Reduktion af kvælstofudvaskning, svinegylle	kg N/ton gylle	Årligt	0,1
Reduktion af kvælstofudvaskning, blandet gylle	kg N/ton gylle	Årligt	0,1

¹⁾ Stiger til 250.000 ton CO₂-ækv. i 2031 da alle anlæg kører uden indkøringstab.

Kilde: Egne beregninger baseret på Olesen et al. (2018) m.fl.

Bidrag til målopfyldelse

Klimaeffekten af den øgede biogasproduktion kan indgå i Danmarks nationale emissionsopgørelse og vil derfor kunne bidrage til opfyldelse af det nationale mål for drivhusgasreduktion på det ikke-kvotefatte område.

Tidshorisont

Der er opstillet en tidssti, hvor der etableres tre biogasanlæg om året i 2023-2029. Det forventes ikke, at biogasproduktionen kan påbegyndes i samme år, som byggeriet igangsættes. Drivhusgasreduktioner samt driftsøkonomiske omkostninger mv. optræder således fra år 2024 og frem, mens det fulde potentiale for tiltaget, dvs. driften af 21 biogasanlæg, nås i 2030.

Barrierer

Beregningerne viser, at biogasproduktion forventes at give et positivt driftsøkonomisk resultat. Som nævnt ovenfor kan de store investeringskrav dog udgøre en barriere for, at virkemidlet bliver implementeret i det forudsatte omfang. Derudover er der usikkerhed om fremtidige energipriser, som vil påvirke biogasproduktionens rentabilitet. Denne usikkerhed kan betyde, at biogasproduktionen ikke bliver forøget i det forudsatte omfang uden f.eks. yderligere tilskud.

Fra planperioden 2017/2018 indføres der regler om, hvor meget fosfor, der må udbringes på harmoniarealer (Landbrugs- og Fiskeristyrelsen, 2017). De nye fosforlofter kan give udfordringer for kvægbrug, hvis gyllen, der kommer retur fra biogasanlæggene, har et højere fosforindhold per kg N, end

den gylle kvægbruget har leveret (SEGES, 2017). Det er en problemstilling, som kan gøre det nødvendigt at fordele gyllen på et større areal end hidtil, eller at der sker en separation af fosfor, som kan anvendes på bedrifter med behov for indkøb af fosforgødning (Olesen et al., 2018).

Overlap og synergieffekter

Forsuring af gylle med svovlsyre indgår som et middel i miljøreguleringen af husdyrproduktionen, hvor formålet primært er at reducere ammoniakudledningen. Forsuring bidrager samtidig til reduceret metanudledning fra gylle. Svovltilsætning begrænser imidlertid mulighederne for at anvende gylle i biogasproduktion. Der kan iblandes en vis mængde svovlholdig biomasse, uden at det påvirker biogasproduktionen negativt, men der vil være behov for svovlrensning af biogassen, hvilket repræsenterer en ekstraomkostning. Det vurderes på den baggrund, at det ikke er hensigtsmæssigt at anvende gylle forsuret med svovlsyre i biogasanlæg. Svovlsyreforsuring og afgangning udelukker derfor hinanden i opgørelsen af potentialerne for de to tiltag. Det vil sige, at effekterne af afgangning og forsuring er uafhængige af hinanden. Tiltagenes effekter kan derfor summeres.

Ud over afgangning og forsuring er gyllekøling et tiltag, som giver mulighed for at reducere udledningerne af metan og ammoniak. Der er ikke nogen konflikt mellem gyllekøling og anvendelse af gyllen i biogasproduktion. Derimod vil der være en vis synergieffekt, da gyllekøling øger metanproduktionspotentialet ved afgangning, især ved anvendelse af mere fedt i foderet (Olesen et al. 2018). I det omfang tiltagene om ændret foder til kvæg øger metanproduktionspotentialet i gyllen, i kraft af at mindre metan bliver udledt fra kvægets fordøjelse, kan der også hér opnås en vis synergieffekt (op. cit.).

Tørstofindhold og værdi af gylle

Biogasproduktionen per ton gylle afhænger af gyllens tørstofindhold (TS%) og gasudbyttet per m³ tørstof (VS). I indeværende beregninger anvendes tørstofprocenter, VS-indhold samt metanudbytte som angivet i Olesen et al. (2018). For kvæggylle er den benyttede TS% 8,3, mens VS% er 80, og metanudbyttet 0,21 m³/kg VS. For svinegylle er den anvendte TS% 5,7¹⁴, VS% 80 og metanudbyttet 0,29 m³ kg/Vs. De anvendte tørstofprocenter er i overensstemmelse med de værdier, der anvendes af DCE i den nationale emissionsopgørelse.

De anvendte TS-procenter, se tabel 3.1.3, er en del højere end i Dubgaard et al. (2013), hvor TS-procenten var 7,5 for kvæggylle og 4,9 for svinegylle. Metanudbyttet var i Dubgaard et al. (2013) 0,20 m³/kg VS for kvæggylle og 0,28 for svinegylle m³/kg VS, altså kun marginalt lavere. For anden slags gylle anvendes en TS% på 7,1 og et metanudbytte på 0,24 m³/kg VS.

Ved gylleseparering forudsættes et tørstofindhold i fiberfraktionen på 30 procent. Fiberfraktion og gylle blandes på biogasanlægget for at øge tørstofindholdet og således indholdet af VS i biomassen.

¹⁴ SEGES nævner i en kommentar til biogasberegninger, at tørstofprocenten i svinegylle varierer meget, alt efter om der er tale om sogylle eller slagtesvinegylle, og angiver at mange biogasanlæg i dag helst ikke modtager sogylle, da tørstofprocenten er lav (SEGES, 2017). De her anvendte standardværdier indgår i DCE's nationale emissionsopgørelser, men der vil være en betydelig variation i tørstofindhold i gylle, herunder afhængig af om der er tale om sogylle eller svinegylle (Olesen et al., 2018). Dette kan have betydning for, hvilke typer gylle det vil være optimalt at anvende til biogas, og hvilke typer det vil være mere hensigtsmæssigt at forsure.

Forholdet mellem gylle og fiberfraktion er fastsat således, at tørstofindholdet i blandingen kommer op på 11 procent, hvilket betragtes som den maksimale TS% for pumpbar gylle (Olesen et al., 2018).

Tabel 3.1.3 Tørstofandele i gylle og fiberfraktion

Biomassetype	Tørstofandele
Kvæggylle	8,3 %
Svinegylle	5,7 %
Blandet gylle	7,1 %
Fiberfraktion, kvæggylle	30 %
Fiberfraktion, svinegylle	30 %
Fiberfraktion, blandet gylle	30 %
Gylle og fiberfraktion sammen	11 %

Kilde: Olesen et al. (2018)

Ud over evt. betaling for gylleleverancer til biogasanlæg, eksisterer der nogle fordele for leverandørerne i form af en højere gødningsværdi (bedre N-udnyttelse) af den afgassede gylle, som modtages retur fra biogasanlægget. Dertil kommer fordele i form af et mere homogent gødningsprodukt, som gør det lettere at afsætte overskydende husdyrgødning. I Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) var fordelene ved bedre kvælstofudnyttelse opgjort til en gødningsværdi på 5 kr. per ton gylle baseret på Jacobsen et al., (2012). Den øgede gødningsværdi i den afgassede gylle værdisættes i indeværende beregninger vha. gennemsnitsprisen på N-handelsgødning fra SEGES' budgetkalkuler 2011-2015 fremskrevet til 2021-2025 vha. OECD/FAO (2016) og prisudviklingen jf. Energistyrelsens fremskrivning (2017b). Den øgede gødningsværdi er beregnet til 6,90 kr./kg i 2021 stigende til 7,02 kr./kg i 2025, hvorefter den holdes konstant.

Gylleseparering

I husdyrgødningsscenariet forudsættes den biomasse, der tilføres biogasanlægget, at bestå af 83 procent ren gylle og 17 procent fiberfraktion fra separeret gylle. Der regnes med at kvæggylle indeholder 16,6 procent fiberfraktion, svinegylle indeholder 13,8 procent fiberfraktion, mens anden slags gylle indeholder 13,8 procent (Olesen et al., 2018). Med de forudsatte tørstofprocenter og fiberfraktionsandele svarer det til, at 58 procent af den bagvedliggende gyllemængde, der indgår i scenariet, separeres. Dette er lavere end i Rapport 221, hvor andelen var 72 procent. Den samlede mængde gylle, der ligger bag biomasseinputtet på 360.000 ton/år til biogasanlæggene, er således beregnet til ca. 709.000 ton. Fordelingen af bagvedliggende gylle per anlæg bliver således hhv. 42, 47 og 11 procent kvæg-, svine- og blandet gylle.

Tabel 3.1.4 Biomasseinput til biogasanlæg og bagvedliggende gyllemængder

Andel gylle ift. fiberfraktion	Type input	Andel input	Inputmængder pr. anlæg	Bagvedliggende gylle pr. anlæg	Bagvedliggende gyllemængder i alt ¹⁾
%		%	ton	ton	ton
83	Kvæggylle	37	133.802	133.802	2.809.836
	Svinegylle	37	134.132	134.132	2.816.777
	Blandet gylle	9	30.866	30.866	648.186
17	Fiber - kvæg	8	27.405	165.091	3.466.920
	Fiber - svin	8	27.473	199.079	4.180.654
	Fiber blandet	2	6.322	45.811	962.037
I alt			360.000	708.781	14.884.411

¹⁾ Ved 21 anlæg

Kilde: Olesen et al. (2018), COWI (2013) samt egne beregninger

Der er en række tekniske ændringer i indeværende beregninger i forhold til Rapport 221. Tabel 3.1.5 nedenfor viser et overblik over disse. Selvom kapaciteten på anlægget er højere end i Rapport 221, hvor den var 255.500 ton biomasse, er de bagvedliggende gyllemængder de samme som i Rapport 221 pga. højere tørstofprocenter og mindre andele fiberfraktioner. Her var den bagvedliggende mængde gylle 706.842 ton. I indeværende beregninger er der forudsat et højere tørstofindhold samt en større andel fiber i gyllen. Tørstofprocenten var i Rapport 221 på 7,5 for kvæggylle og 4,9 for svinegylle, og der indgik ikke anden slags gylle. I indeværende beregninger benyttes en tørstofprocent på 8,3 for kvæggylle og 5,7 for svinegylle. Derudover indgår en mindre andel blandet gylle med en tørstofprocent på 7,1. Dette reducerer det nødvendige fiberfraktionsinput for at nå den samme tørstofmængde i biomassemængden på anlægget i forhold til Rapport 221. I beregningerne i Rapport 221 forudsattes 77 procent ren gylle og 23 procent fiberfraktion. I indeværende beregninger er indholdet af fiberfraktion sænket til 17 procent. Metanudbyttet per kg VS er på niveau med Rapport 221 med hhv. 0,21 Nm³ CH₄/kg VS for kvæggylle, 0,29 Nm³ CH₄/kg VS for svinegylle og 0,24 Nm³ CH₄/kg VS for blandet gylle. Overordnet set er metanudbyttet ved afgangningen af disse grunde øget fra 9 til 12 Nm³ CH₄/ton bagvedliggende gylle. Gasoutputtet i forhold til biomasseinputtet i biogasanlæggene er på den anden side faldet en smule fra knap 26 til 24 Nm³ CH₄/ton biomasseinput på grund af den lavere andel fiberfraktion i mikset af biomasseinput.

Tabel 3.1.5 Kapacitet, bagvedliggende gyllemængder og gasoutput

	Rapport 221	Nu
Tørstofindhold, kvæggylle	7,5 %	8,3 %
Tørstofindhold, svinegylle	4,9 %	5,7 %
Tørstofindhold, blandet gylle	-	7,1 %
Metanudbytte pr. kg VS, kvæggylle	0,20 m ³ CH ₄ /kg VS	0,21 m ³ CH ₄ /kg VS
Metanudbytte pr. kg VS, svinegylle	0,28 m ³ CH ₄ /kg VS	0,29 m ³ CH ₄ /kg VS
Metanudbytte pr. kg VS, blandet gylle	-	0,24
Andel fiberfraktion i kvæggylle	13,4 %	16,6 %
Andel fiberfraktion i svinegylle	10,4 %	13,8 %
Andel fiberfraktion i blandet gylle	-	13,8 %
Anlægskapacitet	255.500 ton	360.000 ton
Bagvedliggende kvæggylle pr. anlæg	275.907 ton	298.893 ton
Bagvedliggende svinegylle pr. anlæg	430.934 ton	333.211 ton
Bagvedliggende blandet gylle pr. anlæg	-	76.677 ton
Bagvedliggende gylle, i alt pr. anlæg	706.842 ton	708.781 ton
Metanudbytte ift. bagvedliggende gylle	9,2 m ³ CH ₄ /ton	12,0 m ³ CH ₄ /ton
Metanudbytte ift. biomasseinput	25,5 m ³ CH ₄ /ton	23,6 m ³ CH ₄ /ton

Kilde: Olesen et al. (2018), Dubgaard et al. (2013) samt egne beregninger

Separering af gylle forudsættes at foregå på bedrifterne, og kun fiberfraktionen transporteres til biogasanlægget. Begrundelsen for separering er at øge det gennemsnitlige tørstofindhold i den benyttede biomasse til et niveau, som sikrer en økonomisk effektiv kapacitetsudnyttelse i biogasproduktionen og transporten af biomasse. På biogasanlægget blandes fiberfraktionen med den ikke-separerede del af den samlede gyllemængde, der er omfattet af tiltaget. Den afgassede biomasse vil være flydende, men med et væsentligt højere tørstofindhold end gennemsnittet i den bagvedliggende gyllemængde. Ved salg af overskydende gylle til planteavlsbedrifter indebærer det højere tørstofindhold en fordel i form af lavere transportomkostninger og dermed et større økonomisk relevant afsætningsområde.

Det forudsættes, at der i indeværende scenarie med en udbygning af biogasproduktionen frem mod 2030 sikres et tilstrækkeligt højt tørstofindhold i den anvendte biomasse gennem anvendelse af fiberfraktion.

3.1.2. Opgørelse af klimaeffekter

Datagrundlag

Emissionsdata i landbruget er opgjort af Olesen et al. (2018). Emissionsændringer i energisektoren er opgjort af Energistyrelsen (2017b), mens emissioner fra transport er opgjort af DTU (2016).

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren

Ud over energiproduktion giver bioafgasning af husdyrgødning anledning til reduceret udledning af drivhusgassen metan til atmosfæren. Som tidligere nævnt omfatter beregningsscenariet 36 procent af den samlede gyllemængde i Danmark i 2030, dvs. 14,9 mio. ton kvæg-, svine- og blandet gylle.

Opgørelserne i tabel 3.1.8 er foretaget under følgende antagelser, der er baseret på Olesen et al. (2018), Energistyrelsen (2017b) samt DTU (2016). Ved behandling af gylle i biogasanlæg reduceres gødningens indhold af omsætteligt kulstof og dermed potentialet for metanproduktion og -udledning

til atmosfæren under lagring. Reduktionen er ifølge Olesen et al. (2018) 8,0 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle, 15,3 kg CO₂-ækv./ton svinegylle og 11,3 kg CO₂-ækv./ton blandet gylle. For fiberfraktionerne er reduktionen 17,3 kg CO₂-ækv./ton fiberfraktion fra kvæggylle, 48,3 kg CO₂-ækv./ton fiberfraktion fra svinegylle samt 28,6 kg CO₂-ækv./ton fiberfraktion fra blandet gylle (op. cit.). Med det forudsatte biomasseinput til anlægget, som angivet ovenfor, er den reducerede mængde metan beregnet til 5.500 ton CO₂-ækv. per anlæg. For de 21 anlæg tilsammen, som tiltaget omfatter ved den fulde implementering i 2030 og frem, vil der være metanreduktioner i forbindelse med lagring svarende til 115.000 ton CO₂-ækv.

Afgasningens effekt på gyllens bidrag til kulstoflagring i jorden er ifølge Olesen et al. (2018) dårligt kendt. Der er dog fundet en mindre kulstoflagring som følge af afgasningen. Olesen et al. (2018) antager derfor, at den afgassede gylle bidrager med 25 procent af kulstoflagringen, der ville have fundet sted, hvis marken var tilført frisk plantemateriale og halm. Afgasset gylle bidrager derved med en lagring af $0,25 \times 15$ procent = 3,75 procent af kulstoffet (efter 20 år) (op. cit.). For kvæggylle drejer det sig om 1,7 kg CO₂-ækv./ton gylle, mens det for svinegylle er 1,6 kg CO₂-ækv./ton gylle og 1,7 kg CO₂-ækv. for blandet gylle. For de tilsvarende fiberfraktioner er den reducerede kulstoflagring hhv. 3,8, 5,1 og 4,4 kg CO₂-ækv./ton gylle. Den øgede drivhusgasudledning pga. reduceret kulstoflagring er på dette grundlag beregnet til 766 ton CO₂-ækv./anlæg, mens det for hele tiltaget i 2030 er beregnet til 16.100 ton CO₂-ækv. i 2030.

Drivhusgasreduktionerne af metan fra lagring samt reduceret kulstoflagring er per anlæg således beregnet til 4.700 ton CO₂-ækv. mens de uden effekten af reduceret kulstoflagring er beregnet til 5.500 ton CO₂-ækv. I alt er reduktionerne fra gyllen inklusive kulstoflagring i 2030 og frem opgjort til 98.000 ton CO₂-ækv., mens metanreduktionerne alene er opgjort til 115.000 ton CO₂-ækv. Effekten på kulstoflagring er som nævnt ovenfor dårligt kendt.

Som det ses i de to nederste rækker i tabel 3.1.6 nedenfor, er de samlede drivhusgasreduktioner fra gylle og fiberfraktion, i form af metan ved lagring og eksklusive udledningsændringer ved lækage og brændselssubstitution, beregnet til 7,7 kg CO₂-ækv./ton bagvedliggende gylle eksklusive kulstoflagring. Inklusive de negative effekter på kulstoflagring er reduktionen fra gyllen beregnet til 6,6 kg CO₂-ækv./ton bagvedliggende gylle. Opgøres drivhusgasreduktionerne fra gyllen på basis af biomasseinput, er reduktionen eksklusive kulstoflagring 15,1 kg CO₂-ækv./ton input og 13,0 kg CO₂-ækv./ton input inklusive kulstoflagring. Disse effekter er opgjort som den samlede drivhusgasreduktion divideret med det samlede input af bagvedliggende gylle hhv. biomasseinput til anlægget.

I forhold til reduktionerne som anvendtes i Rapport 221, er der således tale om omtrent en halvering af drivhusgasreduktioner fra lagring og marken opgjort per ton bagvedliggende gylle. Reduktionerne opgjort per ton biomasseinput er reduceret til omtrent en tredjedel. Den primære grund bag disse ændringer er, at lattergasreduktioner ikke indgår i indeværende beregninger, hvorimod disse var med i Rapport 221. Lattergasreduktionerne var i Rapport 221 12,8 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle og 11,2 kg CO₂-ækv./ton for svinegylle. Metanreduktionspotentialet fra lagring og mark var i Rapport 221. 5,1 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle og 16,3 kg CO₂-ækv./ton svinegylle.

Der blev i Rapport 221 regnet med en reduktion i lattergasudledninger på 12,8 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle og 11,2 kg CO₂-ækv./ton svinegylle. Lattergasreduktioner indgår ikke i de nuværende beregninger, eftersom de ifølge Olesen et al. (2018) ikke er med i den nationale emissionsopgørelse. Dette påvirker skyggeprisen i opadgående retning og øger de samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger i forhold til Rapport 221.

Ydermere er reduktionerne i metanudledningen for fiberfraktionerne reduceret kraftigt for svinegylle fra 101,5 kg CO₂-ækv./ton til 48,3 kg CO₂-ækv./ton fiberfraktion. Reduktionen af metan fra fiberfraktion fra kvæggylle er dog i mellemtiden øget fra 11,3 til 17,3 kg CO₂-ækv./ton fiberfraktion.

Til sammenligning svarede drivhusgasreduktionerne anvendt i IFRO Rapport 221 (eksklusive udledningsændringer ved lækage og brændselssubstitution) samlet set eksklusive kulstoflagring til 16,5 kg CO₂-ækv./ton bagvedliggende gyllemængder. Inklusive effekten på kulstoflagring var reduktionen i Rapport 221 15,1 kg CO₂-ækv./ton bagvedliggende gylle. Reduktionerne opgjort per ton biomasseinput var eksklusive kulstoflagring 45,6 kg CO₂-ækv./ton input og 41,7 kg CO₂-ækv./ton inklusive kulstoflagring. Som ovenfor nævnt anvendtes blandet gylle ikke i inputmikset i Rapport 221.

Opgøres reduktionspotentialer for metan og kulstoflagring per gylletype, er den 6,7 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle i indeværende beregninger, mens dette var 13,3 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle i Rapport 221, hvor lattergasreduktioner også indgik. Reduktionspotentialer for svinegylle er i indeværende beregninger 13,7 kg CO₂-ækv./ton svinegylle, hvorimod dette var 23 kg CO₂-ækv./svinegylle i Rapport 221.

Tabel 3.1.6 viser en oversigt over reduktionspotentialer opdelt på metan, kulstoflagring og lattergas opdelt på kvæg- hhv. svinegylle og sammenholdt med potentialerne anvendt i Rapport 221. Det samlede reduktionspotential ved det bagvedliggende gylleinput, dvs. de totale reduktioner fra gyllen divideret med det totale gylleinput, er vist i de nederste linjer.

Tabel 3.1.6 Reduktion af udledning af drivhusgasser ved bioafgasning af gylle

Type	Enhed	Rapport 221	Nu
Metanreduktion v. lagring, kvæggylle	Kg CO ₂ -ækv./ton bagvedliggende kvæggylle	5,1	8,0
Metanreduktion v. lagring, svinegylle	Kg CO ₂ -ækv./ton bagvedliggende svinegylle	16,3	15,3
Kulstoflagring, kvæggylle	Kg CO ₂ -ækv./ton bagvedliggende kvæggylle	-1,4	-1,7
Kulstoflagring, svinegylle	Kg CO ₂ -ækv./ton bagvedliggende svinegylle	-1,4	-1,6
Lattergasreduktion, kvæggylle	Kg CO ₂ -ækv./ton bagvedliggende kvæggylle	12,8	
Lattergasreduktion, svinegylle	Kg CO ₂ -ækv./ton bagvedliggende svinegylle	11,2	
Drivhusgasreduktion i alt, ekskl. kulstoflagring	Kg CO ₂ -ækv./ton bagvedliggende gylle	16,5	7,7
Drivhusgasreduktion i alt, inkl. kulstoflagring	Kg CO ₂ -ækv./ton bagvedliggende gylle	15,1	6,6

Kilde: Olesen et al. (2018) og Dubgaard et al. (2013)

Lækager betyder, at der udledes metan ifm. biogasproduktion og opgradering af biogas. Som tidligere nævnt forventes disse lækager nedbragt gennem biogasbranchens frivillige måleprogram og strengere krav. For biogasanlæg sættes metanlækagerne til 0,9 procent af biogasproduktionen igennem hele

beregningsperioden (pers. medd. Bodil Harder/Energistyrelsen, 2017). Metanlækagerne fra opgraderingsanlæg vurderes at udgøre 0,1 procent af biogasmængden (op. cit.). Biogassen forudsættes at indeholde 65 procent metan ($0,66 \text{ kg/m}^3$) og 35 procent kuldioxid ($1,98 \text{ kg/m}^3$) (Lemvig Biogas, 2016; pers. medd. Lisbeth Strandmark/Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2017). For de 21 anlæg tilsammen er der på den baggrund beregnet en øget udledning af 28.600 ton CO_2 -ækv. i 2030 og 29.600 ton CO_2 -ækv. årligt fra 2031, hvor alle anlæg kører uden indkøringstab. Beregningerne medtager ikke lækager ved forbrænding af biogas i gasmotorer. Det skyldes en antagelse om, at biogas erstatter naturgas ved anvendelse i gasmotorer, og der ikke opstår yderligere lækager i den forbindelse.

Der forbruges energi ifm. gylleseparering, men separering reducerer samtidig den mængde energi, der skal anvendes til opvarmning af biomassen. Det antages, at energiforbruget ved separering svarer til energibesparelsen. Energiforbrug til gylleseparering indgår derfor ikke i beregningerne.

På biogasanlæg anvendes ca. 10 procent af biogasproduktionen til procesvarme, hvorved der udledes CO_2 . Denne udledning indgår ikke (direkte) i opgørelsen af drivhusgasudledningerne i forbindelse med biogasproduktion. Det skyldes, at produktionen opgøres netto som den mængde biogas, der forlader anlægget og dermed fortrænger drivhusgasudledninger fra anden energi i forskellige anvendelser, som vist i tabel 3.1.7.¹⁵

Der vil i forbindelse med transporten af gylle og fiberfraktion være en øget udledning af CO_2 fra lastbiler. Det forudsættes, at lastbilerne altid kører med fuld last. Afstanden mellem biogasanlægget og husdyrbedrifterne forudsættes at være 12 km (COWI, 2013). Ved en udledning på ca. 1 kg CO_2 -ækv. per kørt km for en lastbil med kapacitet på 30 ton (DTU, 2016), fås en årlig udledning på knap 300 ton CO_2 -ækv. per anlæg. Når tiltaget er fuldt implementeret i 2030, er udledningen fra lastbiler beregnet til 6.200 ton CO_2 -ækv.

Reduktion af drivhusgasser ved brændselssubstitution i ikke-kvotesektoren

Som tidligere beskrevet anvendes der en opdeling på kvote- og ikke-kvoteomfattede sektorer i de aktuelle beregninger. I IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) forudsattes biogasproduktionen at fortrænge naturgas til kraftvarmeproduktion. Hele denne drivhusgasreduktion skulle medtages ved opgørelse af CO_2 -skyggeprisen (i nævneren), idet der ikke skelnedes mellem drivhusgasreduktioner i ikke-kvote- og kvotesektoren. Beregningerne hér adskiller sig således fra Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) ved adskillelsen mellem kvote- og ikke-kvotesektor samt ved fordelingen af biogassen på flere anvendelser end kraftvarme.

¹⁵ Der anvendes også procesenergi ved udvinding af naturgas i form af naturgasforbrug på boreplatformene, herunder flaring. Det drejer sig om 5,7 % af nettoproduktionen af naturgas (personlig meddelelse, Bodil Harder, Energistyrelsen, 2017). Hvis forbruget af procesenergi medtages, betyder det, at når biogas fortrænger 1 GJ naturgas, så spares der 1,057 GJ i naturgasforbrug i alt (op. cit.). Det er dog tvivlsomt, om det er relevant at medtage denne effekt ved beregning af den samfundsøkonomiske CO_2 -skyggepris, der bestemmes ud fra territorialprincippet for opgørelse af drivhusgasudledninger. Danmark eksporterer (og importerer) naturgas i betydeligt omfang. Produktionen af naturgas – og CO_2 -udledningerne fra produktionen – påvirkes derfor næppe af marginale ændringer i naturgasforbruget i Danmark. Det må derimod antages, at de frigjorte naturgasmængder – ved øget produktion af biogas – vil blive eksporteret eller importen tilsvarende reduceret. Udledningerne fra produktionen af naturgas indgår derfor ikke i skyggeprisberegningerne for biogastiltaget.

Energistyrelsen har fremskrevet fordelingen af afsætningen af den øgede biogasproduktion på forskellige forbrugsformer, samt i hvilket omfang forbruget af biogas vil foregå i kvote- hhv. ikke-kvotesektoren. Biogassen forudsættes at erstatte naturgas ved alle forbrugsformer. Udover at biogassen anvendes direkte til elproduktion (og overskudsvarme) i decentrale kraftvarmeværker og til fremstilling af varme til procesformål og fjernvarme, vil størstedelen af gassen blive opgraderet og sendt ud på naturgasnettet til videre forbrug, hvoraf en mindre andel går til transportbrug (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

Som det ses i tabel 3.1.7, vil størstedelen af biogassen produceret i 2030 blive opgraderet (54 procent) efterfulgt af direkte anvendelse til elproduktion (og overskudsvarme) i kraftvarmeværker (37 procent) og i kedler til procesvarme (6 procent) og fjernvarme (2 procent).

Af de totale emissionsreduktioner ved substitution af naturgas til fordel for biogas, vil 60 procent finde sted i ikke-kvotesektoren og 40 procent i kvotesektoren. Per anlæg er den del af drivhusgasreduktionerne ved brændselssubstitutionen i energisektoren, som ikke er kvoteomfattet, beregnet til 8.900 ton CO₂-ækv. i 2030. For tiltaget som helhed er reduktionerne fra brændselssubstitution i ikke-kvotesektoren beregnet til 181.000 ton CO₂-ækv. i 2030, samt 187.000 ton i 2031 hvor alle anlæg kører uden indkøringstab.

Tabel 3.1.7 Fordeling af produceret biogas på anvendelsesformer i 2030

%	Kraftvarme	Opgradering, net	Opgradering, transport	Procesvarme	Fjernvarme
Anvendelse, 2030	37 %	54 %	1 %	6 %	2 %
Ikke-kvotesektoren	87 %	43 %	100 %	39 %	95 %
Kvotesektoren	13 %	57 %	0 %	61 %	5 %

Kilde: Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018), Energistyrelsen (2016), samt pers. medd. Lisbeth Strandmark, Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2017)

Fortrængningen af naturgas i ikke-kvotesektoren indgår som fysiske reduktioner i CO₂-skyggeprisens nævner, mens reduktionerne i kvotesektoren indgår i tælleren som sideeffekter værdisat med prisen på de tilsvarende CO₂-kvoter (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

Nedenfor ses tiltagets drivhusgasreduktioner i beregningsperioden. Tabellen omfatter alene reduktioner i ikke-kvotesektoren. Ved virkemidlets fulde effekt i 2031 og frem er de samlede udledningsreduktioner beregnet til 250.000 ton CO₂-ækv. årligt inklusive kulstoflagring og 266.000 ton CO₂-ækv. eksklusive kulstoflagring. Reduktionerne i forbindelse med brændselssubstitutionen udgør størstedelen af udledningsreduktionerne ved tiltaget i ikke-kvotesektoren efterfulgt af reduceret metanudledning fra lagring.

Tabel 3.1.8 Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline

	Drivhusgasser i alt med kulstofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kulstofbinding*	CO ₂ *	CH ₄	Kulstofbinding
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0
2024	30	32	19	13	-2
2025	66	71	45	26	-5
2026	102	109	71	38	-7
2027	138	147	96	51	-9
2028	173	185	122	63	-11
2029	209	223	148	75	-14
2030	244	260	173	88	-16
2031	250	266	179	87	-16
2032	250	266	179	87	-16
2033	250	266	179	87	-16
2034	250	266	179	87	-16
2035	250	266	179	87	-16
2036	250	266	179	87	-16
2037	250	266	179	87	-16
2038	250	266	179	87	-16
2039	250	266	179	87	-16
2040	250	266	179	87	-16
2041	250	266	179	87	-16
2042	250	266	179	87	-16
2043	250	266	179	87	-16
2044	250	266	179	87	-16
2045	250	266	179	87	-16
2046	250	266	179	87	-16
2047	250	266	179	87	-16
2048	250	266	179	87	-16
2049	250	266	179	87	-16
2050	250	266	179	87	-16
Akkumuleret 2021-2030	962	1.027	673	354	-64
Gennemsnit 2021-2030	96	103	67	35	-6
Gennemsnit 2031-2050	250	266	179	87	-16

*Denne søjle indeholder små udledningsændringer af metan og lattergas i CO₂-ækv. ved brug af biogas i stedet for naturgas i den ikkekvoteomfattede del af energisektoren. CO₂ udgør dog langt størstedelen af disse udledningsændringer (ændringer i metan- og lattergasudledninger udgør mindre end 1,5 procent af den samlede reduktion i CO₂-ækv).
Kilde: Egne beregninger

Reduktion af drivhusgasser ved øget elforbrug samt brændselssubstitution i kvotesektoren

Per anlæg er reduktionen ved brændselssubstitutionen i kvotesektoren beregnet til knap 6.000 ton CO₂-ækv., hvilket svarer til 121.100 ton CO₂-ækv. for de 21 anlæg i 2030 samt 125.600 ton i 2031 og frem, hvor alle anlæg kører uden indkøringstab.

Som i Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) forudsættes biogasanlæggets forbrug af elektricitet at være 5,5 kWh/ton biomasseinput, mens transporten af gassen væk fra biogasanlægget er 0,02 kWh/Nm³ biogas. Elforbruget ved transport af gas fra biogasanlægget er baseret på transport af gas til et kraftvarmeværk. Det antages hér at der bruges samme type gasledning og at transportafstanden er den samme som for gas til opgraderingsanlæg, fjernvarmeværk og aftagere til procesvarme. Per anlæg er elforbruget for biogasproduktion og transport af gas beregnet til 2,2 mio. kWh årligt fra og med 2030. Heri er der taget højde for lækagen af gas fra biogasanlægget samt indkøringstab i første driftsår dvs. at denne mængde er ikke med i beregningen af elforbrug til transport af gas. Den del af gassen der skal opgraderes bruger 0,25 kWh/Nm³ biogas og der bruges 0,065 kWh/Nm³ biogas til at komprimere gassen (EA Energianalyse, 2014). Elforbruget til opgradering af 6.343 tusind Nm³ biogas per anlæg er derved opgjort til knap 2 mio. kWh i 2031. Hér er der taget højde for lækage fra opgraderingsanlægget, således at den lakkede biogas ikke komprimeres. De 21 anlæg bruger dermed ca. 88 mio. kWh årligt fra 2031 til produktionen af rå biogas og en andel opgraderet biogas. Ifølge Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets beregningsforudsætninger (2018), udleder én kilowatttime 0,185 kg CO₂-ækv. i 2021 hvilket stiger til 0,306 kg CO₂-ækv. i 2030. Elforbruget medfører således en årlig drivhusgasudledning på 27.100 ton CO₂-ækv. i kvotesektoren fra 2031 (27.100 ton CO₂-ækv. i 2030, hvor tre anlæg har indkøringstab).

Den samlede udledningsreduktion i kvotesektoren er derved netto opgjort til 95.000 ton CO₂-ækv. i 2030 og 99.000 tusind ton i 2031 og årene derefter, hvilket består af de sparede udledninger ved brændselssubstitutionen samt de øgede udledninger fra elforbruget.

Usikkerheder

Usikkerhederne ved beregning af ændringer i drivhusgasemissionerne knytter sig til effekten på kulstoflagring i jorden ved tilførsel af bioafgasset gylle, fremskrivningen af forbruget af biogas samt substitutionen af energiforbrug fordelt på kvote- og ikke-kvotesektoren.

Opgørelse af sideeffekter

Bioafgasning kan begrænse lugtemissioner ved håndtering af gylle, idet afgasning reducerer gyllens indhold af ildelugtende organiske komponenter. Indholdet af de lugtende, fede syrer (VFA) i afgasset gylle er ca. 50 procent af indholdet i ubehandlet gylle (Fødevareministeriet, 2008). Tilsvarende er det vist, at lugtgenerne fra nyligt udbragt, afgasset gylle var ca. 25 procent af niveauet for ubehandlet gylle (op. cit.). Denne værdi indgår ikke i beregningerne, da der ikke findes nogen samfundsmæssig skyggepris på lugtreduktioner eller anvendelige værdisætningsestimater.

Udledninger til vandmiljøet – nitratudvaskning

Afgasning af gylle vil medføre en reduktion i nitratudvaskningen fra rodzonen ved tilførsel af gyllen til marken. Reduktionen vil udgøre 0,10, 0,08 og 0,10 kg/ton for hhv. kvæg-, svine- og blandet gylle (Olesen et al., 2018). Per anlæg vil der således i alt være reduktioner af nitratudvaskning fra rodzonen på 65 ton N, mens reduktionen vil være 1.400 ton N for alle anlæg samlet i 2030. Endvidere vil

separering af større mængder gylle øge mulighederne for en bedre fordeling af fosforindholdet i husdyrgødningen. Det skyldes, at opkoncentrering af plantenæringsstoffer i fiberfraktionen reducerer transportomkostningerne. Det har dog ikke været muligt at værdisætte denne effekt.

Emissioner til luft – ammoniak

Ifølge Olesen et al. (2018) er der ikke sideeffekter i form af reduceret ammoniakfordampning.

Emissioner til luft – NO_x, SO₂ og partikler

Der vil være øget luftforurening ved tiltaget på grund af et øget elforbrug, brug af biogas i stedet for naturgas i energisektoren, samt øget lastbilkørsel. Forbrug af elektricitet udleder 0,3 g NO_x/kWh og 0,1 g SO₂/kWh, mens der udledes 0,006 g PM_{2,5}/kWh ifølge beregningsskabelonen og Energistyrelsens brændselsfremskrivning (2017b). I forbindelse med det øgede elforbrug er der således beregnet en udledning på 1,1 ton NO_x per anlæg i 2030, mens udledningen af SO₂ er beregnet til knap 0,4 ton og udledningen af PM_{2,5} 0,03 ton. Samlet set er udledningen af NO_x som følge af øget elforbrug således beregnet til knap 22,0 ton i 2030, udledningen af SO₂ er beregnet til knap 7,2 ton og udledningen af PM_{2,5} til knap 0,5 ton, når hele tiltaget er implementeret og efter indkøringstab ved første driftsår.

Ved fyring med biogas i anlæggets proceskedel, indregnes luftforurening som følge af procesvarme svarende til luftforurening ved fyring med biogas i kedler på decentrale varmeværker med de emissionskoefficienter, som er opgivet i beregningsskabelonen samt brændselsprisfremskrivningen af Energistyrelsen (2017b). Udledningerne af NO_x, SO₂ og PM_{2,5} øges med hhv. 0,9, 0,8 og 0,05 kg per anlæg og hhv. knap 17,9, 16,0, og 1,0 ton for tiltaget som helhed.

Ved skift fra naturgas til biogas i kraftvarmeanlæg med motor vil der være øgede udledninger af NO_x, SO₂ og PM_{2,5}. Ved fyring med biogas i kedelanlæg til fjern- eller procesvarme vil udledningen af NO_x reduceres, mens udledningen af SO₂ og PM_{2,5} øges (beregningsskabelonen og Energistyrelsen, 2017b). Det forudsættes at den opgraderede biogas til naturgasnettet, som har naturgaskvalitet, indeholder samme mængder luftforurenende stoffer som naturgas, og at der derfor ikke vil være ændringer i luftforurening fra denne mængde. De samlede merudledninger per anlæg af NO_x i energisektoren vil være knap 6 ton i 2030, mens udledningen af SO₂ vil være 2,2 ton og PM_{2,5} vil være 0,004 ton. Samlet set vil brug af biogas i stedet for naturgas i energisektoren øge udledningen af NO_x med knap 122 ton, udledningen af SO₂ med 46 ton, samt udledningen af partikler med knap 0,7 ton, når tiltaget er fuldt implementeret i 2030.

Ved lastbilkørsel på landet med den forudsatte kapacitet udledes der ifølge DTU's Transportøkonomiske Enhedspriser (2016) NO_x (8,5 g/km), SO₂ (0,1 g/km), PM_{2,5} (0,2 g/km) samt kulmonooxid og kulbrinte. Dette svarer til omtrent 2,4 ton NO_x, 0,03 ton SO₂ og 0,06 ton partikler årligt per anlæg.

I alt vil der ved tiltaget være øgede NO_x-udledninger på 166 ton, øgede SO₂-udledninger på 71 ton og øgede partikeludledninger på knap 2,2 ton årligt fra 2031 og frem.

Usikkerheder

Usikkerheder med hensyn til sideeffekter relaterer sig til hvorvidt landmanden tager højde for den øgede N-tilgængelighed i gyllen. Det antages i beregningerne, at landmanden indregner denne effekt ved gylletilførslen.

3.1.3. Budgetøkonomiske effekter

Berørte aktører

Tiltaget berører de landmænd med kvæg- og svinebedrifter, der skal levere gylle til biogasanlæggene og får returneret afgasset gylle, producenter af biogas, aftagere af biogas og bionaturgas i energi- og transportsektoren. Derudover påvirkes staten i kraft af ændrede afgiftsindtægter og tilskudsudgifter som følge af at den øgede mængde biogas, der produceres og erstatter naturgas.

Opgørelse af budgetøkonomi

I dette afsnit gennemgås budgetøkonomien i basissceniets biogasproduktion, hvor gylle sammen med fiberfraktionen fra separeret gylle indgår som input. Beregningerne tager udgangspunkt i et generisk anlæg, som afsætter biogas til forskellige anvendelser.

Biogasanlæggets investerings- og driftsomkostninger

Anlæggets investeringsomkostninger tager udgangspunkt i COWI's Business Case (2013) for et anlæg med en kapacitet på 986 ton biomasse per dag og 360.000 ton per år. Beregningerne er således foretaget for et større anlæg end i Rapport 221, hvor den forudsatte anlægstørrelse var et mellemstort anlæg der behandler 700 ton biomasse per dag. Derudover er der, som tidligere omtalt, en række forudsætninger, som er ændret i de aktuelle beregninger.

Biogasanlægget kræver ifølge COWI (2013) investeringsomkostninger på 129 mio. kr. og har en levetid på 20 år, mens grunden købes for 5,3 mio. kr. (denne afskrives ikke). COWI's anlæg kan behandle andre biomasser end gylle som f.eks. dybstrøelse og derfor trækkes 2,1 mio. kr. fra investeringssummen for forbehandlingsanlæg for at tage højde for, at der i basissceniets ikke skal behandles anden biomasse end gylle og fiberfraktion. Denne sum svarer til den investering anlægget med en kapacitet på 314.000 ton biomasse/år har installeret i Hjort-Gregersen (2015), dvs. et anlæg der er i størrelsesordenen med anlægget i disse beregninger.

Reinvesteringer i anlæggene er nødvendige, men er ikke oplyst separat i COWI (2013) og er derfor beregnet hér ved at antage samme forholdsmæssige reinvesteringsbehov som i Dubgaard et al. (2013). Disse svarede til 7,4 procent af investeringsomkostningen eksklusive køb af grund, svarende til 9,7 mio. kr. og 1,2 mio. kr. annuieret over reinvesteringens levetid på 10 år. Vedligehold af anlægget er ikke oplyst separat i COWI (2013) men er beregnet ved at opjustere udgifterne til vedligehold ved biogasanlægget anvendt i Dubgaard et al. (2013). Disse beløber sig til 2 mio. kr. årligt. Udgifter til administration, løn osv. er ligeledes opjusteret ifølge den nye kapacitet til 3,5 mio. kr. årligt. EA Energianalyse forudsætter en ekstra udgift til investeringer i at kunne modtage biogas på kraftvarmeanlæg på 0,5 kr./GJ (EA Energianalyse, 2014). Det forudsættes hér at denne udgift er nødvendig for både kraftvarmeanlæg men også fjernvarme- og procesvarmeanlæg. Den del af gassen der sælges rå til kraftvarme-, fjernvarme samt procesvarme pålægges derfor denne ekstra omkostning.

EA Energianalyse (2014) benytter en transportomkostning ved transport af gylle 26 kr./ton gylle (2017-kr.) baseret på COWI's Business Case (2013) og Niras Faktaark (2012). Dette er i tråd med Hjort-Gregersens (2015) kortlægning af danske biogasanlægs økonomi. Hjort-Gregersen finder i sin analyse af driftsøkonomien i eksisterende biogasanlæg i Danmark, at den gennemsnitlige transport-

omkostning for seks anlæg er 25 kr./ton, hvor ét af anlæggene har udliciteret transporten til et vognmandsfirma. For at sikre beregningsfleksibilitet forudsættes det hér, at transporten er udliciteret til et transportfirma. Transportomkostningen på 26 kr./ton gylle fra EA Energianalyse (2014) benyttes hér i modsætning til Dubgaard et al. (2013), hvor det forudsattes at biogasanlægget erhvervede sine egne lastbiler. Der regnes således ikke med, at biogasanlægget erhverver egne lastbiler. For at sammenligne påvirkningen af driftsøkonomien ved brugen af denne transportomkostning, er driftsøkonomien fra Dubgaard et al. (2013) genregnet med denne, men med de samme forudsætninger hvad gælder resten af driftsøkonomien. Når en transportomkostning på 24 kr./ton gylle (2012-priser) benyttes i stedet for at anlægget erhverver sine egne lastbiler, ses det, at det driftsøkonomiske overskud stiger med 0,4 kr./ton gylle fra 7,8 kr./ton i Dubgaard et al. (2013) til 8,2 kr./ton (2012-priser). Den ændrede forudsætning omkring gylletransport vurderes derfor ikke at have afgørende betydning for driftsøkonomien. Omkostningen til transport af fiberfraktion er opgjort til 37 kr./ton i 2017-kr. på baggrund af Dubgaard et al. (2013). De årlige transportomkostninger for gylle og fiberfraktion er beregnet til 10,1 mio. kr. per anlæg. Da transportomkostningerne udgør en tredjedel af driftsomkostningerne og således har stor betydning for anlæggets driftsøkonomi, er det nødvendigt at foretage sensitivitetsanalyser på transportomkostningerne. Til sidst i kapitlet foretages sensitivitetsanalyser ved hhv. en halvering og fordobling af transportomkostningerne.

Omkostningen til gylleseparering er mellem 5-7 kr./ton gylle afhængig af kapaciteten. Denne er opgjort uden udgifter til bortskaffelse af fiberfraktion eller øget gødningsværdi (pers. medd. Torkild Birkmose/SEGES, 2017). Det forudsættes på denne baggrund at omkostningen til separation er 6 kr./ton gylle. Landmanden vil opleve en øget gødningsværdi ved den tilbageværende væskefraktion som erstatter handelsgødning på bedriften (op. cit.). På baggrund af gødningsværdien i Dubgaard et al. (2013), forudsættes denne gødningsværdi at udgøre 5,3 kr./ton separeret gylle. Biogasanlæggets nettobetaling til landmanden for fiberfraktionen er således ca. 1 kr./ton. Der vil således være årlige omkostninger til betaling for fiberfraktion på 0,3 mio. kr. per anlæg.

Omkostningerne ved gylleseparering findes også opgjort i Miljøstyrelsens teknologiblad for separering af gylle med skruepresse (Miljøstyrelsen, 2010). Det fremgår af beregningerne, at der er betydelige stordriftsfordele i form af faldende enhedsomkostninger ved gylleseparering. Omregnet til kr. per ton gylle svarer dette til i gennemsnit 10,8 kr./ton (2017-kr.) for bedrifter med 500 DE. Heri indgår dog en afskaffelsesomkostning på 55 kr./ton fiberfraktion samt den øgede gødningsværdi ved væskefraktionen på svinebedrifter på baggrund af en besparelse på handelsgødningskvælstof på 40 kg N/ha til en pris på 6,6 kr./kg N (2017-kr.). Omkostningerne er således ikke direkte sammenlignelige med ovenstående.

Forbruget af elektricitet til behandling af biomassen på anlægget er på baggrund af Dubgaard et al. (2013) sat til 5,5 kWh/m³ biomasse, mens transporten af gas til aftager er sat til 0,02 kWh/m³ biogas. Transporten antages at være den samme til brugere af rå biogas som til opgraderingsanlæg. Udgifterne til el beløber sig til 1,2 mio. kr. (eksklusive ikke-godtgjort elafgift) i 2030 og stiger til 1,4 mio. kr. i 2040 og årene derefter.

Den afgassede gylle, der køres retur til bedrifterne, vil have en øget gødningsværdi, da en større andel af kvælstofindholdet efter afgasning er på ammoniumform. Denne forøgelse af gødningsværdien er

således uafhængig af den ekstra gødningsværdi ved separering. På bedrifterne spares derfor i gennemsnit 0,37 kg N/ton bagvedliggende kvæggylle, 0,28 kg N/ton bagvedliggende svinegylle og 0,36 kg N/ton bagvedliggende blandet gylle (Olesen et al., 2018). Det antages at landmanden gøder økonomisk optimalt og således tager højde for den øgede gødningsværdi. Værdien af N er opgjort på baggrund af SEGES' budgetkalkulers gennemsnitspris på handelsgødningskvælstof i 2011-2015 (SEGES, 2016) og fremskrevet til 2025 vha. OECD's/FAO's fremskrivningstakt for gødningspriser i Agricultural Outlook (OECD/FAO, 2016). Prisen på N er på den baggrund beregnet til 6,9 kr./kg i 2021 og 7,0 kr./kg i 2030. Ved at sprede afgasset gylle på marken, sparer landmændene dermed knap 229 tusind ton kvælstofgødning opgjort per anlæg, svarende til en værdi på ca. 1,6 mio. kr. årligt per anlæg i 2030 og frem.

Opgraderingsanlæggets investerings- og driftsomkostninger

For at beregne omkostningen ved at opgradere biogas til naturgaskvalitet tages også udgangspunkt i COWI's Business Case (2013), som nævnt ovenfor. Størstedelen af biogassen opgraderes, mens den resterende del sælges rå. For at håndtere dette beregningsteknisk er omkostningen til at opgradere biogas først beregnet ved at antage at hele anlæggets output af biogas opgraderes. Således fås en omkostning til opgradering per GJ i hvert år. Den årlige omkostning afhænger af elprisen i det aktuelle år. Denne årlige omkostning per GJ tillægges derefter den del af det rå biogasoutput fra biogasanlægget, der skal opgraderes.

Investeringsomkostningen i opgraderingsanlægget er i COWI (2013) opgjort til knap 23,1 mio. kr., mens tilslutningsanlægget beløber sig til knap 18,9 mio. kr. (2017-kr.). Dette svarer til årlige kapitalomkostninger på 3,1 mio. kr. Opgraderingsanlægget i COWI's Business Case er baseret på oplysninger fra NatureEnergy. NatureEnergy har vandskrubberanlæg i drift og der tages derfor udgangspunkt i denne teknologi. Ifølge EA Energianalyse (2014) bruger et vandskrubberanlæg 0,25 kWh/biogas til opgraderingsprocessen, mens der bruges 0,1 kWh/opgraderet gas til kompression. Dette beløber sig til eludgifter på i alt 2,0 mio. kr. i 2030, hvilket stiger til 2,2 mio. kr. i 2035 og årene derefter, inklusive den del af elafgiften som ikke bliver godtgjort og eksklusive nødvendig PSO, som nu er afskaffet. Disse eludgifter er gældende hvis hele gasoutputtet opgraderes. Der vil derudover være udgifter til vedligehold og andre udgifter til 1,1 mio. kr. årligt (COWI, 2013). Forbruget af vand er ca. 0,1 m³ vand/1.000 m³ biogas (pers. medd. Jesper Bundgaard/NatureEnergy, 2017). Dette svarer til et årligt forbrug på ca. 630 m³ vand per anlæg. Omkostninger til vandforbrug inddrages ikke i nærværende analyse, da de vurderes at være ubetydelige. Der vil derudover være et energitab ved opgraderingen på 1 procent, men ikke et sæsonvarmetab som ved afsætning til kraftvarme og fjernvarme (COWI, 2013). Den ekstra omkostning der vil være ved at opgradere biogas er på denne baggrund beregnet til 22,7 kr./GJ solgt bionaturgas (dvs. efter lækage og energitab) i 2025, mens den stiger til 24,9 kr./GJ i 2040 og årene derefter som følge af fremskrivningen af elprisen. Omkostningen opgjort som de diskonterede omkostninger divideret med den diskonterede mængde salgbar energi er beregnet til 28,2 kr./GJ. Den anvendte omkostning til opgradering var i Rapport 221 37 kr./GJ baseret på Jacobsen et al. (2013), mens den i EA Energianalyse (2014) er beregnet til 28 kr./GJ (2017-kr.). Omkostningen er således væsentligt reduceret i forhold til Rapport 221, mens den er på niveau med EA Energianalyse (2014).

Biogasproduktion og afsætningspriser for biogas til kraftvarmeproduktion, naturgasnettet og proces

Som tidligere nævnt forudsættes det i husdyrgødningsscenariet, at den biomasse, der tilføres biogas-anlægget, består af 83 procent ren kvæg-, svine- og blandet gylle og fiberfraktion fra separeret kvæg-, svine- og blandet gylle på 17 procent. I Dubgaard et al. (2013) forudsattes et miks med 77 procent ren kvæg- og svinegylle samt 23 procent separeret kvæg- og svinegylle. Ved anvendelse af Olesen et al.s (2018) værdier for biogaspotentiale fås en metanproduktion på 21,4 Nm³ per ton biomasse¹⁶ behandlet i anlægget. Men hvis der ses på den bagvedliggende gyllemængde, fås en metanproduktion på 10,9 Nm³ per ton ren gylle. I Dubgaard et al. (2013) var metanproduktion per ton biomasseinput en smule højere med 25,3 Nm³ per ton, mens metanproduktion per ton bagvedliggende gylle var en smule lavere med 8,37 Nm³ per ton. Disse ændringer afspejler det ændrede forhold mellem gylle og fiberfraktion, ændrede tørstofindhold, højere andel fiberfraktion i gyllen, samt separationseffektiviteten der er nedsat fra 80 til 60 procent.

Til denne produktion skal der tillægges 10 procent som følge af seriedrift, da der forudsættes anvendt 2-trinsbiogasanlæg (hvilket er standard i dag), hvorved biogas fra sekundære reaktorer og efterlagre indregnes i form af et tillæg på 10 procent til gasmængden fra hovedreaktorerne (1. trin). Med de ekstra 10 procent fås en samlet metanproduktion på 12,0 Nm³ CH₄/ton bagvedliggende gylle, svarende til 18,4 Nm³ biogas per ton bagvedliggende gylle. Dog fratrækkes energi til procesvarme, som udgør 10 procent af gasudbyttet. Den anvendte gasmængde til procesvarme antages at være den samme i det første år med indkøringstab. Der regnes i modsætning til Dubgaard et al. (2013) ikke med et behov for affakling af 1 procent af biogassen (dvs. afbrænding af biogas der ikke umiddelbart kan afsættes), idet det forudsættes at anlægget i kraft af forskellige afsætningskanaler kan afsætte denne (begrænsede) mængde andetsteds. Der indregnes derudover en gaslækage fra anlægget svarende til 1,4 procent af den producerede gas i 2025 og faldende til 1,0 procent i 2030. Som det fremgår af tabel 3.1.9, bliver den samlede biogasproduktion således 11.637 tusind Nm³ biogas eller 7.564 tusind Nm³ metan, hvilket svarer til 271 tusind GJ i 2030 efter lækage og procesenergiforbrug.

Som beskrevet ovenfor, har Energistyrelsen fremskrevet og fordelt forbruget af biogas til produktion af el og varme samt til opgradering og distribution via naturgasnettet og til transportbrug i køretøjer, som også foregår via naturgasnettet. Denne fordeling antages også at gælde for den mængde biogas der bliver produceret i dette tiltag. I de forskellige forbrugssituationer, antages det, med stor usikkerhed, at biogassen erstatter naturgas. I tabellen nedenfor ses det, hvordan den producerede mængde gas er fordelt på forbrugstyper.

¹⁶ Nm³ er forkortelsen for normalkubikmeter.

Tabel 3.1.9 Produktion og fordeling af biogas per anlæg, 2030

	1.000 Nm ³ biogas/anlæg i 2030	GJ/anlæg i 2030
Biogasproduktion	11.873	276.912
Biogasproduktion inkl. seriedrift	13.061	304.604
Energi til procesvarme (10 %)	1.306	30.455
Lækage	118	2.741
<u>Biogasproduktion, netto</u>	<u>11.637</u>	<u>271.407</u>
Produktion til opgradering (NG-net)	6.273	146.289
Energitab	63	1.463
Lækage	6	146
<u>Udnyttet energi i opgradering</u>	<u>6.204</u>	<u>144.679</u>
Produktion til opgradering (transportsektoren)	70	1.628
Energitab	1	16
Lækage	0	2
<u>Udnyttet energi i opgradering, transport</u>	<u>69</u>	<u>1.611</u>
Produktion til energi i kraftvarmesektor	4.352	101.506
10 % sæsonstab ¹⁾ v. afsætning til kraftvarmesektor	435	10.151
<u>Udnyttet energi i kraftvarmesektor</u>	<u>3.917</u>	<u>91.356</u>
Produktion til energi i fjernvarmesektor	244	5.700
<u>Udnyttet energi i fjernvarmesektor</u>	<u>244</u>	<u>5.700</u>
Produktion til energi i procesvarme	698	16.284
<u>Udnyttet energi i industri</u>	<u>698</u>	<u>16.284</u>

¹⁾ Forudsat energitab i kraftvarmesektor som følge af lav udnyttelse af varmeproduktion i sommerperioden.

Note. Afsætningen af gassen er opgjort for et stiliseret anlæg der afsætter gassen til flere forskellige brug. Et biogasanlæg ville i praksis afsætte til én type forbrug, f.eks. kun til kraftvarme eller kun til opgradering.

Kilde: Olesen et al. (2018), Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018) Energistyrelsen (2016) og COWI (2013)

I det følgende gennemgås de indtægter, som biogasanlægget opnår ved salg af biogas til hhv. elproduktion, naturgasnettet og til produktion af fjern- og procesvarme. Fremgangsmåden for beregningen af salgsværdien af biogas følger Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013), hvor denne udgøres af naturgasprisen plus forskellen på tilskud samt afgifter ved brug af biogas i stedet for naturgas ved forskellige anvendelser. Afgiftssatser er baseret på forudsætninger om emissioner fra værker, afgiftssatserne i Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets beregningsskabelon samt afgiftssatser fra Skatteministeriet (2017a-d) og SKAT (2014;2017), mens tilskud er baseret på Energistyrelsen (2017c). Tabeller over de beregnede tilskud, afgiftsbesparelser kan ses i Appendiks 2 mens de beregnede salgspriser

for de forskellige afsætninger af biogas er vist i afsnittet ovenfor om rapportens beregningsforudsætninger.

Afsætning til kraftvarme og fjernvarmeværker

Kraftvarmeværkers energibehov fluktuerer hen over året som følge af den årstidsbestemte variation i varmebehovet. Ved anvendelse af naturgas kan forbruget tilpasses det løbende behov for varmeleverancer. En tilsvarende tilpasning af forbruget af biogas ville medføre lavere kapacitetsudnyttelse på biogasanlæggene. Det antages, at kraftvarmeværket aftager en jævn produktion af biogas året rundt, således at biogasanlægget kan producere med fuld kapacitetsudnyttelse. Den leverede biogas udnyttes til produktion af el og varme i forenet produktion. Elproduktionen afsættes via el-nettet, mens varmeproduktionen leveres til et lokalt fjernvarmenet. Pga. reduceret varmeefterspørgsel i sommerperioden antages det at en del af varmeproduktionen ikke vil kunne udnyttes ved biogasproduktion med afsætning til kraftvarme (DGC, 2009; Jensen, 2009; Energinet, 2010). I Jensen (2009) er det angivne sæsontab for et af anlæggene, som er på størrelse med det hér forudsatte anlæg, 10 procent. Det antages derfor, ligesom i Dubgaard et al. (2013), at dette energitab svarer til 10 procent af den samlede årlige energileverance fra biogasanlægget til kraftvarmeværket, uden sæsonreguleret biogasproduktion. Dette energitab er derfor fratrukket biogasleverancen til kraftvarmebrug fra biogasanlægget, således at nettoproduktionen af biogas svarer til den energimængde, der kan udnyttes i kraftvarmeproduktionen under de givne forudsætninger. Sandsynligheden for at finde afsætning til værker, som kan udnytte hele biogasproduktionen optimalt hen over året, må derfor forventes at være reduceret. Energitabet som følge af den årstidsbestemte variation i varmebehovet kan reduceres ved at opgradere biogassen til naturgaskvalitet, og derved levere gas direkte til naturgasnettet, hvilket dele af biogassen i disse beregninger går til. Der regnes ikke med sæsontab for fjernvarme, idet det forudsættes at disse værker bruger naturgas som buffer og således kan aftage den givne mængde biogas hele året rundt.

Pris på biogas til kraftvarme

Den forventede pris for biogas leveret til kraftvarmesektoren antages at være bestemt af naturgasprisen på den støtte, som biogasbaseret energiproduktion modtager samt afgiftsfritagelser og eventuelt kvotевærdi. De forskellige støtteelementer og deres værdi fremgår af Appendiks. Det væsentligste støtteelement består af et pristillæg (PSO-støtte) på 0,431 kr./kWh el (2012-kr). Denne støtte reguleres årligt, svarende til 60 procent af stigningen i nettoprisindekset (Energistyrelsen, 2017c). Dvs. realværdien af støtten er (svagt) faldende over tid. På baggrund af IFRO Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) regnes der med, at kraftvarmeværket kører med 37,5 procent elvirkningsgrad, og således kan tilskuddet omregnes til kr./GJ, og tilskuddet vil i 2021 svare til 47,5 kr./GJ og i 2030 svare til 45,9 kr./GJ. Der er et yderligere tillæg til el produceret af biogas på 26 øre/kWh, som årligt justeres i antal øre med forskellen mellem sidste års naturgaspris i kr./GJ og en basispris på 53,2 kr./GJ. Tilskuddet på 26 øre/kWh stiger, hvis naturgasprisen er højere end basisprisen og omvendt falder tilskuddet, hvis naturgasprisen er lavere end basisprisen (Energistyrelsen, 2017c). Dette tillæg er således beregnet til at være 42,1 kr./GJ i 2021 og falder til 15,2 kr./GJ i 2030, idet naturgasprisen stiger. Der kan ikke modtages støtte til både el- og varmeproduktion på et kraftvarmeværk, selvom der produceres begge dele (Energistyrelsen, 2017c). Det samlede tilskud der opnås, når biogassen afsættes til elproduktion på kraftvarmeanlæg er således beregnet til 89,6 kr./GJ i 2021 og 61,1 kr./GJ i 2030.

Der vil ydermere være forskelle i afgiftsbetalinger ved anvendelse af naturgas hhv. biogas. Her spiller varmeproduktionen i kraftvarmeværket en rolle i og med at varme produceret på motoranlæg er afgiftsbelagt.

Biogas er nu, ligesom naturgas, pålagt CO₂-afgift (CH₄-afgift) ved anvendelse i kraftvarmeanlæg. For år 2017 er CO₂-afgiften 0,39 kr./Nm³ naturgas, mens metanafgiften er 0,07 kr./Nm³ ved brug i stationære motorer (Skatteministeriet, 2017a). Biogas er i den forbindelse pålagt en metanafgift på 1,2 kr./GJ. Med en brændværdi af naturgas på 39,6 MJ/Nm³, svarer afgiftsbesparselsen for biogasproduktion til en værdi på 10,3 kr./GJ.

Naturgas, som anvendes til varmeproduktion, er pålagt en energiafgift (gasafgift) på 2,188 kr./Nm³. Biogas er siden 2015 også omfattet af denne afgift, og for biogas lyder den på 0,098 kr./Nm³ men indeksreguleres ikke og falder således i realværdi over tid (Skatteministeriet, 2017b; SKAT, 2014). Som i Dubgaard et al. (2013) regnes der med at den andel, der pålægges afgift reduceres ved division med faktoren 1,2 og værdien ved motordrift beregnes som følger: motorens faktiske varmekoefficientgrad (sat til 47 procent) divideres med 1,2. Herved fås den mængde, der pålægges afgifter. Med en afgift på 2,188 kr./Nm³ og en brændværdi på 39,6 MJ/Nm³ på naturgas, fås en afgift på 21,6 kr./GJ. På samme vis, dog med en brændværdi på 35,9 MJ/Nm³ CH₄ og et metanindhold på 65 procent, er afgiften på biogassen beregnet til 0,5 kr./GJ i 2030. Det giver en værdi af den sparede varmeafgift på 21,1 kr./GJ i 2030, når biogas anvendes i stedet for naturgas til varmeproduktion på et kraftvarme-motoranlæg.

Når naturgas erstattes af biogas, pålægges kraftvarmeværkerne en større NO_x-afgift. NO_x-afgiften for naturgas til brug i stationære motorer svarer til 0,8 kr./GJ i 2016, mens den for biogas er 1,0 kr./GJ (Skatteministeriet, 2017c), hvilket betyder en omkostningsstigning på 0,2 kr./GJ.

Afgiftsbesparselsen ved anvendelse af biogas i stedet for naturgas på et kraftvarmeværk er på denne baggrund beregnet til 31,2 kr. per GJ naturgas i 2030. Hvis gassen afsættes til værker i kvotesektoren forudsættes det, at der ikke betales CO₂- og CH₄-afgift og der spares i stedet 21,3 kr./GJ på afgifter. Derudover kan andelen (13 procent) af biogassen, der sælges til kvoteomfattede kraftvarmeværker, tillægges kvoteprisen svarende til 2,7 kr./GJ i 2021 og 4,5 kr./GJ i 2030 til prisen på biogas.

Når biogassen sælges til kraftvarmeværker uden for kvotesektoren, er den beregnede pris (inklusive tilskuds- og afgiftsændringer) 164,5 kr./GJ i 2021 og 161,0 kr./GJ i 2030. Hvis gassen afsættes til værker i kvotesektoren, er den beregnede pris (inklusive tilskuds-, afgiftsændringer samt forudsat kvoteværdi) 157,0 kr./GJ i 2021 og 155,2 kr./GJ i 2030. Der er naturligvis usikkerhed omkring beregningen af afsætningspriser til de to sektorer, da afgiftsforhold mv. er forskellige. Principielt burde de beregnede priser opnået til en kvote- og ikke-kvotevirksomhed være identiske, men forskellen er dog ret beskeden.

Der forudsættes derudover et 10 procent sæsontab på decentrale kraftvarmeværker.

Pris på opgraderet biogas til naturgasnettet og transport

Ved opgradering af biogas til bionaturgas opnås et pristillæg på 79 kr./GJ samt et tilskud på 26 kr./GJ (2012-kr.). Tillægget på 79 kr. justeres med 60 procent af stigningen i nettoprisindekset, hvilket svarer til en faldende realværdi af tilskuddet (Energistyrelsen, 2017c). Tillægget på 26 kr./GJ reguleres i

forhold til minimumsprisen på naturgas, på tilsvarende måde som forklaret ovenfor (Energistyrelsen, 2017c). I 2021 er det førstnævnte tillæg beregnet til 78,6 kr./GJ, mens sidstnævnte er beregnet til 40,5 kr./GJ. Tillæggene falder under forudsætning om den fremskrevne naturgaspris, til hhv. 71,7 og 14,6 kr./GJ i 2030. Det samlede tillæg til opgraderet biogas lyder således på 119,1 kr. i 2021 og 86,3 kr./GJ i 2030. Når det gælder opgraderet biogas behandles denne som naturgas, når den er sendt ud på naturgasnettet, og der vil herefter ikke være ændringer i afgifter ved brug af bionaturgas i stedet for naturgas (Energistyrelsen, 2017c). Den del af den opgraderede biogas, der sælges til kvotevirksomheder kan pålægges kvoteværdien på 2,7 kr./GJ i 2021 og 4,4 kr./GJ i 2030.

Når biogassen sælges til naturgasnettet til brug til transport, forudsættes det, at der opnås en beregnet pris svarende til prisen ved afsætning til naturgasnettet. Denne svarer til 162,9 kr./GJ i 2021 og 155,0 kr./GJ i 2030. Det er dermed en implicit forudsætning, at markedsforholdene ikke ville tillade en prisdifferentiering mellem forskellige delmarkeder af opgraderet biogas. Den andel opgraderet gas der går til transport, sælges alene til ikke-kvotesektoren, da transportsektoren ikke er kvoteomfattet. Sælges opgraderet biogas til kvotevirksomheder, er den beregnedes pris 165,6 kr./GJ i 2021 og 159,4 kr./GJ i 2030.

Pris på biogas til fjernvarme

Biogas til varme får et pristillæg på 26 kr./GJ (2012-kr.) og falder eller stiger i takt med at naturgasprisen stiger eller falder, som forklaret ovenfor (Energistyrelsen, 2017c). Dette tillæg er beregnet til at være 40,5 kr./GJ i 2021 og falder til 14,6 kr./GJ i 2030 pga. faldende naturgaspriser iflg. Energistyrelsens brændselsprisfremskrivninger.

Ved produktion af varme fra naturgas på kedler er energiafgiften i 2016 2,188 kr./Nm³, mens afgiften på biogas er 0,1 kr./Nm³ (Skatteministeriet, 2017b). Afgiften på biogas indekseres ikke og falder således i realværdi over tid (SKAT, 2014). Varmevirkningsgraden i kedlen er sat til 100 procent på baggrund af Rapport 221 (Dubgaard et al. 2013). Som ovenfor pålægges energiafgiften på beggrund af mængden af gas divideret med 1,2. Afgiften for naturgas er således beregnet til 46,00 kr./GJ og for biogas 1,1 kr./GJ i 2030 og således vil der være en besparelse på 44,9 kr./GJ i 2030.

Varmeproduktion med naturgas er pålagt en CO₂-afgift (men ikke CH₄-afgift) på 0,39 kr./Nm³ i 2016, svarende til 9,8 kr./GJ. Biogas til varmfremstilling i kedler er ikke pålagt denne afgift (Skatteministeriet, 2017a). Afgiftsbesparelsen er således beregnet til 9,8 kr./GJ ved brug af biogas i stedet for naturgas.

Når naturgas anvendes i kedler er NO_x-afgiften 0,2 kr./GJ, mens den for biogas er 0,3 kr./GJ (Skatteministeriet, 2017c). Der er således for kedelanlæggene en merudgift på 0,1 kr./GJ ved anvendelse af biogas frem for naturgas til varmfremstilling.

Tilsammen er afgiftsbesparelsen beregnet til 54,4 kr./GJ i 2021 og 54,6 kr./GJ i 2030. For den andel af biogassen der sælges til fjernvarme i kvoteomfattede værker vil CO₂-afgifter ikke skulle betales og denne afgiftsbesparelse regnes ikke ind i prisen. Afgiftsbesparelsen bliver således 44,6 kr./GJ i 2021 og 44,8 kr./GJ i 2030.

Når gassen sælges til fjernvarmeformål i ikke-kvotesektoren er salgsprisen således beregnet til 138,7 kr./GJ i 2021 og 138,0 kr./GJ 2030. Kvoteværdien lægges til og CO₂-afgiften trækkes fra ved salg til kvotevirksomheder og der opnås en salgspris på 131,6 kr./GJ i 2021 og 132,6 kr./GJ i 2030.

Pris på biogas til procesvarme

Biogas der bruges til procesformål får et fast pristillæg på 39 kr./GJ, som ikke reguleres. Derudover gives et tillæg på 26 kr./GJ (2012-kr.), som på linje med tilskuddet ovenfor reguleres i forhold til naturgasprisen (Energistyrelsen, 2017c). Som ovenfor, svarer dette til et tillæg på 40,5 kr./GJ i 2021 og 14,6 kr./GJ i 2030. Tilsammen udgør tillæggene således 79,5 kr./GJ i 2021 og falder til 53,6 kr./GJ i 2030.

Der betales 0,18 kr./Nm³ i energiafgift, når naturgas bruges til proces, mens der betales 0,05 kr./Nm³ biogas efter godtgørelse (Skatteministeriet, 2017b; SKAT, 2014;2017). Energiafgiften på biogas indkøbes ikke og falder således i realværdi med tiden. Med en kedelvirkningsgrad på 100 procent og en afgiftspålagt andel divideret med 1,2 fås en energiafgift på naturgas på 3,8 kr./GJ og for biogas 1,1 kr./GJ i 2016. I 2021 er afgiftsbesparelsen beregnet til 2,8 kr./GJ og i 2030 2,9 kr./GJ. Der betales metanavgift af naturgas på 0,4 kr./Nm³, men ikke af biogas til procesvarmekedler (Skatteministeriet, 2017a). Den sparede afgift er således 0,4 kr./Nm³, svarende til 9,8 kr./GJ.

Når naturgas anvendes i proceskedler er NO_x-afgiften 0,8 øre/Nm³, svarende til 0,2 kr./GJ, mens den for biogas er 0,3 kr./GJ (Skatteministeriet 2017c). Der er således beregnet en merudgift på 0,1 kr./GJ ved anvendelse af biogas frem for naturgas til procesvarme. Samlet set er der på denne baggrund beregnet en afgiftsbesparelse på 12,5 kr./GJ i 2021 og 12,7 kr./GJ i 2030.

Samlet set er salgsprisen på biogas til procesvarme til ikke-kvotevirksomheder beregnet til 135,8 i 2021 og 135,0 kr./GJ 2030. Sælges gassen til procesvarme i kvotevirksomheder pålægges kvoteværdien, mens metanavgiften trækkes fra og salgsprisen bliver således 128,7 kr./GJ i 2021 og 129,6 kr./GJ i 2030.

Det forudsættes derudover på baggrund af Christensen og Nielsen (2016), at de 10 procent af biogassen der bruges på anlægget til at producere biogas er fritaget for afgifter.

Der er ingen provenueffekt for energiafgiften på el, da denne afgift ligger på elforbruget og ikke på brændslerne.

Forsyningssikkerhedsafgiften er siden Rapport 221 afskaffet og medregnes derfor ikke i nuværende beregninger.

Tabeller med de beregnede tilskuds- og afgiftssatser findes i Appendiks, mens den samlede beregnede salgspris til de forskellige anvendelser kan ses i forudsætningsafsnittet ovenfor.

Driftsomkostninger for et anlæg etableret i 2023 med produktion fra 2024

Et anlæg der etableres i 2023 vil på denne baggrund have beregnede driftsøkonomiske omkostninger på 459 mio. kr. i nutidsværdi for perioden frem til 2050, svarende til 26 mio. kr. annuieret. Anlæggets indtægter i form af salgsindtægter for biogassen samt tilskud til procesenergi på anlægget er beregnet til en nutidsværdi på 598 mio. kr., svarende til 34 mio. kr. annuieret. Der vil således være et drifts-

økonomisk overskud for anlægget på 139 mio. kr. i nutidsværdi og ca. 8 mio. kr. annuieret. Derudover vil landmændene have en øget gødningsværdi i den afgassede gylle til en samlet værdi af 23 mio. kr. i nutidsværdi eller 2,3 mio.kr. annuieret.

Inklusive denne værdi vil indtægterne for landbruget ved et biogasanlæg etableret i 2023 være 621 mio. kr., svarende til 35 mio. kr. annuieret. De samlede driftsøkonomiske nettoomkostninger er således minus 162 mio. kr. i nutidsværdi eller ca. 9 mio. kr. annuieret. Divideres det samlede driftsøkonomiske overskud inklusive gødningsværdi med den diskonterede mængde bagvedliggende gylle fås et driftsøkonomisk overskud på 15,4 kr./ton gylle. Overskuddet blev i Rapport 221 beregnet til 7,7 kr./ton gylle (2017-kr.). Anlæggets nettoindtjening per ton gylle er således fordoblet. Det skyldes primært de reducerede omkostninger til separering samt højere tilskud til opgradering.

Samlede driftsomkostninger

Som det ses af tabel 3.1.10 og 3.1.11, vil det samlede tiltag give landbruget en nettoindtjening på ca. 2,8 mia. kr. i nutidsværdi for perioden frem til 2050, svarende til 159 mio. kr. annuieret.

På baggrund af beregninger foretaget af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009) antages det, at staten vil have udgifter til administration på 219 mio. kr. i nutidsværdi, svarende til 13 mio. kr. annuieret. Omkostningerne er opjusteret med en faktor 3,8 i forhold til 2009-opgørelsen, svarende til det større afgasningspotentiale, der indgår i de aktuelle beregninger. Administrationsomkostningerne blev oprindeligt opgjort for et afgiftssystem, mens implementeringsinstrumentet i de aktuelle beregninger forudsættes at være tilskud. Da der ikke foreligger opdaterede beregninger af administrationsomkostninger antages det, at de tidligere estimerede omkostninger ved at administrere et afgiftssystem svarer til omkostningerne ved at administrere et tilskudssystem.

Derudover vil staten have udgifter til øgede betalinger af tilskud til en nutidsværdi på 4,6 mia. kr., svarende til 267 mio. kr. annuieret. Færre afgiftsindtægter fra brændselssubstitution men øgede afgiftsbetalinger i forbindelse med elafgift beløber sig til et reduceret afgiftsprovenu på 786 mio. kr. i nutidsværdi, svarende til 45 mio. kr. annuieret. Samlet set er statens nettoomkostninger ved tiltaget beregnet til 5,6 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til annuierede omkostninger på 325 mio. kr.

Tabel 3.1.10 Budgetøkonomiske omkostninger for berørte aktørgrupper, 2017-priser, 30-årig periode.

Kilde: Egne beregninger

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	0	0
2020	0	0
2021	0	0
2022	0	0
2023	22	0
2024	81	-13
2025	164	-53
2026	242	-92
2027	313	-129
2028	380	-164
2029	442	-199
2030	499	-231
2031	499	-251
2032	486	-247
2033	473	-242
2034	461	-238
2035	449	-235
2036	439	-229
2037	434	-228
2038	430	-227
2039	425	-227
2040	421	-226
2041	418	-222
2042	418	-222
2043	418	-222
2044	418	-222
2045	418	-222
2046	418	-222
2047	418	-222
2048	418	-222
2049	418	-222
2050	418	-222
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	1.579	-641
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	5.616	-2.757
Annuitet for perioden 2021-2030*	195	-79
Annuitet for perioden 2021-2050*	325	-159

Tabel 3.1.11 Landbruget: Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	In- vester- ing	Afskriv- ninger	D&V	Produk- tionstab	Salg af biogas, værdi af CO ₂ -kvo- ter og øget gød- ningsværdi	Besparelser af fx energi, gødning	Afgifter og skat- ter (netto)	Til- skud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	410	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	410	29	62	0	-37	0	-7	-61	0	-13
2025	410	58	127	0	-88	0	-17	-134	0	-53
2026	410	87	192	0	-143	0	-26	-202	0	-92
2027	410	116	257	0	-203	0	-36	-264	0	-129
2028	410	145	323	0	-266	0	-45	-321	0	-164
2029	410	174	389	0	-333	0	-55	-374	0	-199
2030	0	203	456	0	-405	0	-63	-422	0	-231
2031	0	203	460	0	-429	0	-66	-419	0	-251
2032	0	203	461	0	-438	0	-66	-406	0	-247
2033	0	203	462	0	-448	0	-66	-393	0	-242
2034	0	203	463	0	-457	0	-66	-381	0	-238
2035	0	203	464	0	-466	0	-66	-369	0	-235
2036	0	203	465	0	-471	0	-66	-360	0	-229
2037	0	203	466	0	-476	0	-66	-355	0	-228
2038	0	203	467	0	-481	0	-66	-350	0	-227
2039	0	203	468	0	-486	0	-66	-346	0	-227
2040	0	203	469	0	-490	0	-66	-342	0	-226
2041	0	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
2042	410	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
2043	410	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
2044	410	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
2045	410	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
2046	410	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
2047	410	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
2048	410	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
2049	0	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
2050	0	203	469	0	-490	0	-66	-338	0	-222
Netto nutids- værdi for perio- den 2021-2030*	0	594	1.323	0	-1.072	0	-181	-1.304	0	-641
Netto nutids- værdi for perio- den 2021-2050*	0	2.456	5.602	0	-5.418	0	-786	-4.611	0	-2.757
Annuitet for perioden 2021- 2030*	0	73	163	0	-132	0	-22	-161	0	-79
Annuitet for perioden 2021- 2050*	0	142	324	0	-313	0	-45	-267	0	-159

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.1.12. Staten: Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Stat (mio. kr.)	Investering	Af- skrivning er	D&V	Administra- tion	Tilskuds- udgift	Besparelser	Afgifts- og skatte-pro- venu+ bru- ger-betaling (netto)	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	22	0	0	0	0	22
2024	0	0	0	14	61	0	7	0	81
2025	0	0	0	14	134	0	17	0	164
2026	0	0	0	14	202	0	26	0	242
2027	0	0	0	14	264	0	36	0	313
2028	0	0	0	14	321	0	45	0	380
2029	0	0	0	14	374	0	55	0	442
2030	0	0	0	14	422	0	63	0	499
2031	0	0	0	14	419	0	66	0	499
2032	0	0	0	14	406	0	66	0	486
2033	0	0	0	14	393	0	66	0	473
2034	0	0	0	14	381	0	66	0	461
2035	0	0	0	14	369	0	66	0	449
2036	0	0	0	14	360	0	66	0	439
2037	0	0	0	14	355	0	66	0	434
2038	0	0	0	14	350	0	66	0	430
2039	0	0	0	14	346	0	66	0	425
2040	0	0	0	14	342	0	66	0	421
2041	0	0	0	14	338	0	66	0	418
2042	0	0	0	14	338	0	66	0	418
2043	0	0	0	14	338	0	66	0	418
2044	0	0	0	14	338	0	66	0	418
2045	0	0	0	14	338	0	66	0	418
2046	0	0	0	14	338	0	66	0	418
2047	0	0	0	14	338	0	66	0	418
2048	0	0	0	14	338	0	66	0	418
2049	0	0	0	14	338	0	66	0	418
2050	0	0	0	14	338	0	66	0	418
Netto nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	0	93	1.304	0	181	0	1.579
Netto nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	0	219	4.611	0	786	0	5.616
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	0	11	161	0	22	0	195
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	0	13	267	0	45	0	325

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne i de budgetøkonomiske beregninger relaterer sig til fremskrivningen af naturgasprisen, afgifts- og tilskudssatser i fremtiden samt teknologiudvikling i biogasproduktionen. Derudover er opgørelsen af statens administrationsomkostninger baseret på vurderinger foretaget af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri i 2009, som forudsatte et afgiftssystem for ikke-afgasset eller -forsuret husdyrgødning. Der har ikke været nyere tal til rådighed for nærværende beregninger, hvilket medfører, at der er betydelig usikkerhed forbundet med opgørelsen af statens administrationsomkostninger. Denne usikkerhed spiller dog ikke nogen større rolle for CO₂-skyggeprisen, da administrationsomkostninger udgør en ret beskedet del af de samlede omkostninger ved tiltaget.

3.1.4. Velfærdsøkonomiske effekter

Værdi af sideeffekter der kan prissættes

Den reducerede kvælstofudvaskning udgør ved tiltagets fulde implementering, med en samfundsøkonomisk skyggepris på 25 kr./kg N inklusive NAF (Jacobsen, 2017), en årlig samfundsøkonomisk gevinst på 34 mio. kr. fra 2030 og frem, svarende til 415 mio. kr. i nutidsværdi. Beregnes dette med den højere skyggepris på 60 kr. inklusive NAF (op. cit.) er den årlige værdi 82 mio. kr. og nutidsværdien 996 mio. kr.

Derimod er der øgede samfundsøkonomiske skadesomkostninger pga. den øgede udledning af NO_x, SO₂ og partikler fra elforbrug, brændselssubstitution i energisektoren samt kørsel med lastbiler. Samlet set er den øgede luftforurening opgjort til en samfundsøkonomisk omkostning på knap 5,6 mio. kr. i 2030 og opgjort som nutidsværdi for hele beregningsperioden udgør denne omkostning 70 mio. kr. Med en skadesomkostning på 17 kr./kg inklusive NAF (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018) udgør den øgede udledning af NO_x fra elforbrug og brændselssubstitution en samfundsøkonomisk omkostning på 2,7 mio. kr. i 2030 og 2,8 mio. kr. i 2031 og hvert år frem. Skadesomkostningen ved udledning af SO₂ udgør 31 kr./kg inklusive NAF (op. cit.) og omkostningen for samfundet ved den øgede udledning af SO₂ er således beregnet til 2,1 mio. kr. i 2030 og 2,2 mio. kr. i 2031 og hvert år frem. For udledning af partikler (PM_{2,5}) er skadesomkostningen 97 kr./kg (op. cit.) og den øgede udledning af partikler udgør således en omkostning på 0,2 mio. kr. for samfundet i 2030, 2031 og frem. Den samlede luftforurening fra den øgede lastbilkørsel er værdisat af DCE til 9 øre/km i 2017-kr. (op. cit.), og den samfundsøkonomiske omkostning er beregnet til 0,5 mio. kr. i 2030, 2031 og hvert år frem.

Derudover indregnes værdien af CO₂-kvoter for den andel af energien fra biogas, som erstatter naturgas i kvotevirksomheder og hvis værdi er fremskrevet af Energistyrelsen (2017b). Værdien af disse frigjorte CO₂-kvoter indregnes som sideeffekt ganget med NAF. Værdien er beregnet til 211 mio. kr. i nutidsværdi for hele beregningsperioden. I 2030 vil gevinsten for samfundet være 12,3 mio. kr., hvilket stiger til 22,8 mio. kr. i 2040 for derefter at være konstant. Energistyrelsens fremskrivninger viser en værdi af CO₂-kvoter på 47 kr./ton CO₂-ækv. i 2021 stigende til 137 kr./ton CO₂-ækv. i 2040 (Energistyrelsen, 2017b).

Samlet set vil tiltaget medføre sideeffekter med en samfundsøkonomisk nettogevinst på 41 mio. kr., når tiltaget er fuldt implementeret i 2030, hvilket stiger til 51 mio. kr. i 2040 pga. den stigende kvotepris. Nutidsværdien af samfundets sidegevinster er beregnet til 557 mio. kr.

Opgørelse af forvridningseffekter

Da landbruget ikke kan overvælte meromkostninger på landbrugsvarer, der konkurrerer på et globalt marked, stiger omkostningerne i landbruget, hvilket medfører et reduceret skattegrundlag for staten. Der skal derfor indregnes et 9 procents forvridningstab af landbrugets meromkostninger ved et tiltag idet staten skal opkræve skatter andetsteds (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Nettoomkostningerne for landbruget er i indeværende beregninger negative, dvs. landbruget opnår en indtægt ved tiltaget. Derfor indregnes der ikke et 9 procents forvridningstab.

Ændringer i tilskuds- og afgiftsprovenu antages at have samfundsøkonomiske konsekvenser i form af forvridningseffekter (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Biogasproduktion er berettiget til diverse former for pristillæg, hvilket ikke gælder for naturgas, og da det forudsættes, at statens skatteprovenu er neutralt, skal statens udgifter til disse tillæg finansieres ved at hæve skatter eller afgifter andetsteds. Det samme ville gælde for et reduceret afgiftsprovenu ved brændselssubstitutionen, samt statens administrative omkostninger ved tiltaget. Disse medfører samfundsøkonomiske omkostninger i form af skatteforvridningstab på 10 procent plus NAF (op. cit.). Forvridningsomkostningerne, der opstår pga. statens øgede udgifter til tilskud, reducerede afgiftsindtægter samt administrationsomkostninger er beregnet til en nutidsværdi på 744 mio. kr. i alt.

Opgørelse af velfærdsøkonomiske reduktionsomkostninger

De beregnede velfærdsøkonomiske reduktionsomkostninger fremgår af tabel 3.1.13. Kapitalomkostningerne i tabellen er de fulde investeringsbeløb forhøjet med NAF. Reinvesteringer samt omkostninger til transport, drift og køb af fiberfraktion er ligeledes forhøjet med NAF. Landbrugets besparelser på kvælstofgødning indgår som en indtægt ophøjet med NAF. Den samfundsmæssige værdi af biogasproduktionen opgøres som værdien af den mængde naturgas, der fortrænges, forhøjet med NAF. Statens administrationsomkostninger er ligeledes forhøjet med NAF. I de samfundsøkonomiske beregninger indgår endvidere den samfundsmæssige værdi af sideeffekter i form af reduceret CO₂-udledning i kvotesektoren (opgjort som værdien af fortrængte CO₂-kvoter ophøjet med NAF), reduceret kvælstofudvaskning og skadesomkostninger i forbindelse med ændrede NO_x, SO₂ og PM_{2,5}-udledninger.

Biogasproduktion i tiltaget støttes gennem en række tilskud til anvendelsen af gassen samt lavere afgifter eller afgiftsfritagelser, når gassen substituerer naturgas. Disse elementer holdes uden for de samfundsøkonomiske beregninger, da der er tale om transfereringer, som ikke i sig selv repræsenterer et ressourceforbrug. Skatteforvridningseffekterne af disse reduktioner af statens skatteprovenu/øgede tilskudsudgifter samt udgifter til administration er dog indregnet som beskrevet ovenfor.

De samlede velfærdsøkonomiske omkostninger er for hele beregningsperioden opgjort til 4,8 mia. kr. i nutidsværdi eksklusive sideeffekter. Med sideeffekter reduceres omkostningerne til 4,2 mia. kr. med den lave skyggepris på kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N. De diskonterede reduktioner i drivhusgasudledningerne i ikke-kvotesektoren for perioden 2021-2050 er opgjort til knap 3,0 mio. ton CO₂-

ækv. inklusive den reducerede kulstoflagring, mens reduktionerne eksklusive den reducerede kulstoflagring er beregnet til 3,2 mio. ton CO₂-ækv.

Tabel 3.1.13. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. 30-årig periode

Velfærds- økonomi	Afskriv- ninger	D&V	Admini- stration	Salg af bio- gas, gød- nings- værdi	Værdi af side- effekter	Forvrid- ning	Velfærds- økonomiske omkostnin- ger i alt	Reduktion af drivhusgasser inkl. kulstofbin- ding	Reduktion af drivhusgasser ekskl. kulstof- binding
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	30	0	0	3	32	0	0
2024	38	82	18	-47	-5	11	97	30	32
2025	77	168	18	-114	-11	22	160	66	71
2026	115	254	18	-186	-16	32	218	102	109
2027	154	341	18	-263	-22	41	270	138	147
2028	192	428	18	-345	-28	50	316	173	185
2029	230	516	18	-432	-34	59	356	209	223
2030	269	605	18	-524	-41	66	393	244	260
2031	269	609	18	-554	-42	66	366	250	266
2032	269	611	18	-567	-43	64	353	250	266
2033	269	612	18	-578	-44	63	339	250	266
2034	269	613	18	-590	-45	61	327	250	266
2035	269	615	18	-601	-46	59	315	250	266
2036	269	616	18	-607	-47	58	308	250	266
2037	269	617	18	-612	-48	58	302	250	266
2038	269	619	18	-617	-49	57	297	250	266
2039	269	620	18	-622	-50	56	291	250	266
2040	269	621	18	-626	-51	56	287	250	266
2041	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
2042	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
2043	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
2044	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
2045	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
2046	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
2047	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
2048	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
2049	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
2050	269	621	18	-626	-51	55	286	250	266
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	3.255	7.422	308	-6.967	-557	744	4.205	2.999	3.194
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.								inkl. kul- stofbinding	ekskl. kul- stofbinding
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 25 kr./kg N								1.402	1.317
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 60 kr./kg N								1.209	1.135
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								1.588	1.491

Kilde: Egne beregninger

Opgøres de velfærdsøkonomiske omkostninger inklusive sideeffekter med den høje skadesomkostning ved kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N, fås en nutidsværdi af omkostningerne på 3,6 mia. kr.

Den samfundsøkonomiske CO₂-skyggepris ved biogasproduktion i standardscenariet er beregnet til 1.402 kr./ton CO₂-ækv., når både sideeffekter og kulstoflagring medregnes. Uden den negative effekt på kulstoflagring ved afgang er CO₂-skyggeprisen opgjort til 1.317 kr./ton CO₂-ækv. inklusive værdien af sideeffekterne ved en skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N. Opgøres værdien af sideeffekter med en højere kvælstofskyggepris på 60 kr./kg N, reduceres CO₂-skyggeprisen til hhv. 1.209 og 1.135 kr./ton CO₂-ækv med og uden effekten på kulstoflagring.

Uden sideeffekter men inklusive den negative effekt på kulstoflagring stiger CO₂-skyggeprisen til 1.588 kr./ton CO₂-ækv. Når hverken værdien af sideeffekter eller effekten på kulstoflagring medregnes er CO₂-skyggeprisen opgjort til 1.491 kr./ton CO₂-ækv.

Biogasanvendelsens betydning for CO₂-skyggeprisen

CO₂-skyggeprisen afhænger til dels af, hvor biogassen afsættes. Som vist i tabel 3.1.7, er naturgasnettet (for opgraderet biogas) samt kraftvarmeproduktion de største aftagere i de nuværende beregninger med hhv. 55 og 37 procent af den samlede biogasproduktion i forbindelse med tiltaget i 2030. For den del af biogassen, der leveres til kraftvarmeproduktion, antages det, at 13 procent anvendes i kvotesektoren og 87 procent i ikke-kvotesektoren. For leverancerne af opgraderet biogas til naturgasnettet er fordelingen hhv. 57 og 43 procent.

Opgradering af biogas til bionaturgas medfører ekstra driftsomkostninger samt større forvridningstab, idet der er højere pristillæg til opgraderet biogas. Derudover går en mindre andel af den opgraderede biogas til ikke-kvotesektoren i forhold til den rå biogas til kraftvarme. Dette reducerer størrelsen af drivhusgasemissioner i skyggeprisens nævner ved opgradering. Ved afsætning til kraftvarme spares omkostningerne til opgradering og mere af biogassen bliver afsat til ikke-kvotesektoren. Samtidig er pristillæggene lavere, hvilket reducerer forvridningstabet. For at vise effekten på CO₂-skyggeprisen af ændringer i forudsætningerne for anvendelsen af biogas, er denne beregnet for 100 procent afsætning til kraftvarme hhv. opgradering. Det regnes dog ifølge Energistyrelsen ikke for realistisk, at 100 procent af den ekstra biogas kan erstatte 100 procent naturgas i kraftvarmeverker fremover (pers. medd. Bodil Harder/Energistyrelsen, 2017). Nedenstående beregningsresultater skal alene ses som en illustration af forskellene i samfundsøkonomiske CO₂-reduktionsomkostninger ved de to afsætningsformer.

Ved afsætning af al biogassen til kraftvarme er skyggeprisen beregnet til 947 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring og 902 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter, men eksklusive kulstoflagring. Eksklusive sideeffekter, men inklusive kulstoflagring er skyggeprisen beregnet til 1.038 kr./ton CO₂-ækv. og 988 kr./ton CO₂-ækv. uden hverken sideeffekter eller kulstoflagring. Det skal dog understreges, at denne beregning primært har til formål at illustrere hvordan forskellige afsætningsforhold påvirker skyggeprisen gennem driftsomkostninger og forskel i tilskud og afgiftsændringer.

Beregnes skyggeprisen under en antagelse om, at al biogassen bliver opgraderet til nettet, fås en skyggepris på 2.010 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring og 1.859 kr./ton CO₂-ækv.

inklusive sideeffekter, men eksklusive kulstoflagring. Uden sideeffekter, men inklusive kulstoflagring er skyggeprisen beregnet til 2.300 kr./ton CO₂-ækv., mens den er 2.127 kr./ton CO₂-ækv. uden hverken sideeffekter eller kulstoflagring.

Dvs. at den beregnede CO₂-skyggepris er ca. 950-1.300 kr. højere per CO₂-ækv., når biogassen opgraderes og afsættes via naturgasnettet frem for anvendelse i kraftvarmeproduktionen. De lavere omkostninger, lavere tilskud samt større andel afsat til ikke-kvotesektoren er med til at reducere skyggeprisen i den hypotetiske situation at al den ekstra producerede biogas kan afsættes til kraftvarme.

Det skal bemærkes, at følsomhedsberegninger er foretaget under en forudsætning om, at afsætningspriser og tilskud er uændrede i forhold til standardberegningerne. Det samme gælder fordelingen af biogassen på hhv. kvotesektoren og ikke-kvotesektoren. Det kan ikke udelukkes, at afsætning af hele biogasproduktionen til kraftvarme vil kræve højere tilskud end forudsat i standardberegningerne. Er det tilfældet, øges CO₂-skyggeprisen som følge af større forvridningstab. En ændret fordeling af biogasanvendelsen på kvote- og ikke-kvotesektoren vil ligeledes påvirke CO₂-skyggeprisen. Endelig er der spørgsmålet om transport af biogassen fra biogasanlægget til et kraftvarmeværk, der sker via pipeline. Ved en fortsat udbygning af biogaskapaciteten – primært i de husdyrtætte dele af landet – kan det blive vanskeligere at finde afsætning til kraftvarmeværker inden for en omkostningseffektiv afstand mht. til anlæggelse af en pipeline. Afslutningsvis understreges det, at det er en stiliseret beregning, alene for at vise forskellen i skyggeprisen ved afsætning af biogas til opgradering hhv. kraftvarme. Det anses ikke for realistisk at hele biogasproduktionen i scenariet kan erstatte naturgas på kraftvarmeværker.

Sammenligning med CO₂-skyggeprisberegningerne i IFRO Rapport 221

I det følgende sammenlignes beregningsforudsætningerne anvendt i indeværende beregninger med dem som lå til grund for IFRO Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) for at belyse hvilke forudsætninger der fører til højere skyggepriser.

Ændrede beregningsforudsætninger i forhold til IFRO Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013)

Der er betydelige ændringer i forudsætningerne for de aktuelle biogasberegninger i forhold til de tidligere analyser i IFRO Rapport 221. I daværende beregninger blev der ikke skelnet mellem drivhusgasreduktioner i hhv. kvote- og ikke-kvotesektoren. I de nuværende beregninger skal drivhusgasreduktioner i de to sektorer opgøres hver for sig (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Den forventede fordeling af biogasanvendelsen på de to sektorer er opgjort af Energistyrelsen (Energistyrelsen, 2016a; pers. medd. Lisbeth Strandmark/Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2017). Mere specifikt forudsættes det, at biogassen bliver afsat dels til naturgasnettet (opgraderet) og anvendt til energi- og transportformål, dels til kraftvarmeproduktion og dels til proces- og fjernvarme (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). I alle tre tilfælde erstatter biogassen naturgas.

Endvidere afhænger tilskud og afgifter og derigennem skatteforvridningstab af hvordan biogassen forbruges; hvorvidt den opgraderes og sendes ud på naturgasnettet eller anvendes rå til kraftvarme eller ren varmeproduktion.

Under punkterne 1-9 nedenfor gennemgås de vigtigste ændringer i beregningsforudsætninger og -metode, der har betydning for økonomien i produktion af biogas samt for den samfundsøkonomiske

CO₂-skyggepris set i forhold til forudsætningerne anvendt i IFRO Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013). Udover ovennævnte forhold med hensyn til fordelingen af forbruget af biogas vil følgende forudsætninger påvirke driftsøkonomien og CO₂-skyggeprisen for biogas. En række af ændringernes størrelsesmæssige effekt på CO₂-skyggeprisen er opgjort i tabel 3.1.14.

Reduceret prisniveau og reducerede prisstigningsforventninger for naturgas

Har negativ effekt på driftsøkonomien i biogasproduktionen og øger CO₂-skyggeprisen. Driftsøkonomien påvirkes negativt gennem reducerede salgsindtægter per GJ. Tabet ophæves dog delvist ved, at nogle af tilskuddene øges, når naturgasprisen falder i forhold til en fastsat minimumspris. CO₂-skyggeprisen stiger, dels som følge af en lavere samfundsmæssig værdi af den fortrængte naturgas, dels som følge af øget forvridningstab ifm. finansieringen af højere tilskud til biogasproduktionen.

En del af CO₂-effekten af fortrængt naturgas medregnes ikke i klimaeffekten i CO₂-skyggeprisens tæller og øger dermed CO₂-skyggeprisen

I de tidligere beregninger (i IFRO Rapport 221 fra 2013) skulle der ifølge beregningskriterierne ikke skelnes mellem drivhusgasreduktioner i sektorer, som indgår i EU's CO₂-kvotesystem, og sektorer der ikke er omfattet af kvotesystemet. Hele drivhusgasreduktionen indgik derfor i CO₂-skyggeprisbrøkenes nævner. Ifølge de nuværende beregningskriterier er det alene drivhusgasreduktioner i ikke-kvotesektorerne, der skal medtages i beregningerne (i CO₂-skyggeprisbrøkenes nævner) (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). CO₂-reduktionerne fra brændselssubstitution i kvotesektoren udgør ca. 40 procent af de samlede reduktioner ved brændselssubstitutionen som følge af biogastiltaget. Den del af biogassen, der leveres til kvotevirksomheder, frigør CO₂-kvoter som følge af reduceret anvendelse af fossile brændsler. Den samfundsmæssige værdi af de frigjorte kvoter indgår i CO₂-skyggeprisbrøkenes tæller værdisat med prisen på CO₂-kvoter.

Effekten på skyggeprisen af den reducerede mængde CO₂-ækv. i skyggeprisens nævner er større end effekten af værdien af de frigjorte CO₂-kvoter i tælleren. Nettoeffekten er en øget skyggepris i forhold til IFRO Rapport 221.

Kvoteomkostningerne ved CO₂-udledningerne fra øget elforbrug er indregnet i elprisen og indgår derfor ikke direkte i beregningen af de budgetøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggeprisen (op. cit.).

Ændrede drivhusgasreduktionspotentialer ved gylle og fiberfraktioner

På dette område er der sket en række ændringer i biogasforudsætningerne i Olesen et al. (2018) siden Olesen et al. (2013), som trækker i forskellig retning, hvad størrelsen af CO₂-skyggeprisen angår. Der indregnes ikke længere lattergasreduktioner fra den afgassede gylle (øger CO₂-skyggeprisen). Metanreduktionen fra lagring af svinegylle er reduceret (øger CO₂-skyggeprisen), mens den er øget for kvæggylle (sænker CO₂-skyggeprisen). Metanreduktionen fra fiberfraktionerne er reduceret betragteligt i forhold til Rapport 221 for både kvæg- og svinegylle (øger CO₂-skyggeprisen). Den afgassede gylles negative effekt på kulstoflagring er derudover øget i forhold til Rapport 221. (øger CO₂-skyggeprisen), mens de negative effekter på kulstoflagring per ton fiberfraktion er reduceret med en faktor 3 (sænker CO₂-skyggeprisen). Der er samlet set færre drivhusgasreduktioner fra lager og mark, hvilket trækker i retning af en øget CO₂-skyggepris i forhold til Rapport 221.

Højere tørstofprocenter for kvæg- og svinegylle

I de nuværende beregninger forudsættes højere tørstofprocenter i gyllen. Det reducerer den mængde gylle, der skal separeres for at opnå den optimale tørstofprocent i biogasproduktionen, hvilket repræsenterer en omkostningsbesparelse (sænker CO₂-skyggeprisen).

Nedsat skatteforvridningssats

Den generelle skatteforvridningssats er siden beregningerne i Rapport 221 nedsat fra 20 til 10 procent. Dette har en reducerende effekt på skyggeprisen.

Drivhusgasudledning samt luftforurening fra gylletransport indregnes

I modsætning til tidligere inddrages CO₂-udledninger fra gylletransport til og fra biogasanlægget i CO₂-skyggeprisberegningen. Endvidere indgår værdien af luftforureningen fra lastvognene som negativ sideeffekt. Disse effekter øger CO₂-skyggeprisen i forhold til Rapport 221, hvor de ikke var medregnet.

Ændringer i afgifter og tilskud

Der indregnes en gasafgift samt metanafgift på biogas til kraftvarme. Der er reducerede NO_x-afgifter på biogas og naturgas i forhold til Rapport 221. Den del af biogassen, der anvendes til procesvarme, får godtgjort halvdelen af energiafgiften. Tilskuddene afhænger af fordelingen af biogassen på opgradering, kraftvarme samt ren varmeproduktion.

Energiafgiften på biogas reducerer afgiftsfordelen ved at bruge biogas i stedet for naturgas i kraftvarme- og varmeproduktion en smule og har en negativ driftsøkonomisk effekt via salgsindtægten fra biogas til disse anvendelser. NO_x-afgifterne er reduceret, og forskellen mellem NO_x-afgifterne på biogas og naturgas er reduceret, hvilket har en positiv effekt på salgsindtægten fra biogas. CO₂-skyggeprisen påvirkes i modsatte retninger af ovenstående i kraft af skatteforvridningstab gennem effekten på statens afgiftsprovenu af disse afgifter, men ikke direkte af selve afgiftsændringerne. I de tidligere beregninger forudsattes hele biogasproduktionen afsat til kraftvarmeproduktion. I de nuværende beregninger forudsættes en fordeling af biogassen på forskellige anvendelser med højere eller lavere tilskudssatser end ved anvendelse til kraftvarmeproduktion, hvilket påvirker de driftsøkonomiske resultater. Nogle af tilskuddene er afhængige af naturgasprisen, hvor tilskuddet stiger, når naturgasprisen falder. Da de forventede naturgaspriser er lavere end i IFRO Rapport 221, øges statens udgifter til tilskud, hvilket øger skatteforvridningstab.

Tilskuddene til biogas til opgradering (og afsætning via naturgasnettet) er højere end tilskuddene til kraftvarme- og varmeproduktion. Da den andel af biogassen, der går til opgradering, er større end til andre formål, har dette en positiv effekt på driftsøkonomien, men til gengæld øges skatteforvridningstab, da statens tilskud øges relativt til IFRO Rapport 221, hvor al biogas gik til kraftvarmeproduktion (øger CO₂-skyggeprisen). Derimod er et tilskud på 10 kr./GJ, som var inkluderet i IFRO Rapport 221, udfaset inden den nuværende beregningsperiodes start, hvilket påvirker driftsøkonomien negativt, men reducerer CO₂-skyggeprisen pga. det lavere skatteforvridningstab. Skatteforvridningen udgør i indeværende beregninger 18 procent af de samfundsøkonomiske omkostninger inklusive sideeffekter, hvilket er den samme andel som i IFRO Rapport 221, mens de udgør 16 procent eksklusive sideeffekter. I IFRO Rapport 221 udgjorde de 24 procent (opgjort som nutidsværdien af skattefor-

vridningen divideret med nutidsværdien af de samfundsøkonomiske nettoomkostninger), hvilket primært skyldes at der dengang regnedes med et skatteforvridningstab for statens øgede omkostninger på 20 procent plus NAF, hvorimod satsen i indeværende beregninger er 10 procent.

Øget luftforurening som følge af øget elforbrug samt overgang fra natur- til biogas i energisektoren indregnes

Elforbruget øges ved tiltaget, hvilket leder til øget udledning af NO_x og SO₂. Skift fra naturgas til biogas i energisektoren øger udledningen af NO_x, SO₂ og PM_{2,5}. I modsætning til tidligere medregnes de samfundsmæssige omkostninger ved disse udledninger som negative sideeffekter i CO₂-skyggeprisens tæller, hvilket trækker i retning af en højere CO₂-skyggepris.

Det antages nu at separering af gylle foretages vha. en skruepresser, idet skruepresseren er den mest økonomiske løsning

Denne ændring giver lavere separeringsomkostninger i forhold til Rapport 221, og reducerer dermed de driftsøkonomiske omkostninger samt trækker i retning af en lavere CO₂-skyggepris.

Opsummering af pkt. 1-9

Samlet set påvirkes den driftsøkonomiske rentabilitet i biogasproduktionen ikke væsentligt af de opsummerede ændringer, hvorimod den samfundsmæssige CO₂-skyggepris bliver omtrent fordoblet uden sideeffekter.

Som nævnt er en række beregningsforudsætninger ændret i forhold til beregningerne i IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013). I Rapport 221 blev beregningerne foretaget med udgangspunkt i afsætning af biogas til kraftvarmeproduktion. CO₂-skyggeprisen inklusive sideeffekter og inklusive kulstoflagring blev beregnet til 625 kr./ton CO₂-ækv., mens den uden den negative effekt på kulstoflagring var 598 kr./ton CO₂-ækv. Uden værdien af sideeffekter, men med kulstoflagring, var CO₂-skyggeprisen 791 kr./ton CO₂-ækv., mens den uden værdien af sideeffekter og uden kulstoflagring var 757 kr./ton CO₂-ækv.

Forøgelsen af de beregnede CO₂-skyggepriser i de nuværende beregninger i tabel 3.1.13 skyldes færre drivhusgasreduktioner i nævneren (bl.a. ingen effekt på lattergasudledning samt indregning af udledninger fra lastbilkørsel), ændrede tørstofprocenter og fiberandel i gyllen, lavere naturgaspris, opdeling i kvote- og ikke-kvotesektor, ændret afsætning af biogassen og de tilknyttede forbrugs-, tilskuds- og afgiftssatser, hvor nogle pristillæg øges ved en lavere naturgaspris og dermed øger forvridningstab.

I tabel 3.1.14 vises, hvordan de nævnte ændringer har påvirket de nuværende CO₂-skyggepriser i forhold til de beregnede CO₂-skyggepriser i Rapport 221.

Forudsættes det, at hele biogasproduktionen går til kraftvarmeproduktion, som var forudsætningen i Rapport 221, reduceres den nuværende CO₂-skyggepris som nævnt til 902-1.038 kr./ton CO₂-ækv. Dette er dog en stiliseret forudsætning, for at kunne sammenligne skyggepriserne med dem beregnet i Rapport 221. Det vurderes ikke længere realistisk, at al ekstra produceret biogas kan fortrænge 100 procent naturgas på kraftvarmeværkerne (pers. medd. Bodil Harder m.fl./Energistyrelsen, 2017).

Under den forudsætning at al biogas substituerer naturgas i ikke-kvotesektoren, reduceres CO₂-skyggeprisen til 943-1.061 kr./ton CO₂-ækv.

Benyttes den højere naturgaspris (i 2017-kr.) som anvendt i Rapport 221, reduceres CO₂-skyggeprisen til ca. 1.128-1.387 kr./ton CO₂-ækv. afhængig af inddragelse af sideeffekter og kulstoflagring.

Indsættes metanreduktioner fra gyllen som anvendt i Rapport 221 og beskrevet ovenfor, reduceres CO₂-skyggeprisen til ca. 1.099-1.309 kr./ton CO₂-ækv. afhængig af inddragelse af sideeffekter og kulstoflagring. Ved denne beregning er andelen af blandet gylle sat til 0, da kun kvæg- og svinegylle indgik i Rapport 221.

Indsættes lattergasreduktioner som anvendt i Rapport 221, reduceres skyggeprisen til 901-1.063 kr./ton CO₂-ækv. afhængig af inddragelse af sideeffekter og kulstoflagring. Her er andelen af blandet gylle også sat til 0, da kun kvæg- og svinegylle indgik i Rapport 221 og mængden af anvendt gylle stiger ligeledes til 16,6 mio. ton.

Som det ses, er de lavere reduktionspotentialer ved gyllen de mest afgørende for CO₂-skyggeprisens ændring i forhold til Rapport 221, men også de lavere naturgaspriser. De reducerede reduktionspotentialer fra gyllen leder til en mindre mængde drivhusgasser i skyggeprisens tæller og dermed til en højere skyggepris. De lavere naturgaspriser reducerer værdien af den fortrængte naturgas i CO₂-skyggeprisens tæller og øger skatteforvridningstab, ved at en lavere naturgaspris betyder et højere pristillæg på biogasanvendelser. Derudover gør opdelingen på ikke-kvote- og kvotesektor, at CO₂-skyggeprisens nævner indeholder relativt færre drivhusgasreduktioner.

Sættes de ovenstående beregningsforudsætninger sammen, fås skyggepriser på mellem 479-537 kr./ton CO₂-ækv., hvilket er lavere end skyggepriserne beregnet i Rapport 221.

Tabel 3.1.14. CO₂-skyggepris-beregning med forudsætninger som i Rapport 221 (sideeffekter indgår med en værdi af reduceret nitratudvaskning på 25 kr./kg N)

Ændringer i beregningsforudsætninger	CO ₂ -skyggepris inkl. sideeffekter, inkl. kulstoflagring	CO ₂ -skyggepris inkl. sideeffekter, ekskl. kulstoflagring	CO ₂ -skyggepris ekskl. sideeffekter inkl. kulstoflagring	CO ₂ -skyggepris ekskl. sideeffekter ekskl. kulstoflagring
Nuværende skyggepris	1.402	1.317	1.588	1.491
Al gasudbytte til kraftvarmesektoren	947	902	1.038	988
Al gasudbytte til ikke-kvotesektoren	984	943	1.061	1.017
Naturgaspris som i Rapport 221	1.201	1.128	1.387	1.302
Metanreduktioner fra gyllen som i Rapport 221 (kun kvæg- og svinegylle) ¹⁾	1.158	1.099	1.309	1.242
Lattergasreduktioner fra gyllen som i Rapport 221 (kun kvæg- og svinegylle) ¹⁾	941	901	1.063	1.019
Alle effekter samlet ¹⁾	493	479	537	521

¹⁾ Ekskl. blandet gylle, dvs. hele mængden udgøres af beregningstekniske årsager af kvæg- og svinegylle

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne i beregningerne relaterer sig primært til udviklingen i prisen på naturgas, tilskuds- og afgiftsregler, der påvirker skatteforvridningstab, samt kapital- og driftsomkostninger ved anlæggene. Ændrede forudsætninger vedr. naturgasprisen indgår i følsomhedsanalyserne nedenfor.

3.1.5. Følsomhedsanalyser

Resultaterne af følsomhedsanalyserne fremgår af tabel 3.1.15 – for såvel den lave skyggepris på kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N og den høje N-skyggepris på 60 kr./kg N. I det følgende omtales resultaterne af følsomhedsberegningerne ved den lave kvælstofskyggepris på 25 kr./kg N. Ændringerne skal ses i forhold til en CO₂-skyggepris på 1.402 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring i basisberegningen.

Da transportomkostningerne udgør en tredjedel af driftsomkostningerne, er der foretaget en følsomhedsanalyse, hvor omkostningerne ved transport af gylle og fiberfraktion halveres hhv. fordobles. Ved en halvering af transportomkostningerne falder CO₂-skyggeprisen til 837 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring. Ved en fordobling af transportomkostningerne bliver det driftsøkonomiske overskud reduceret til 1,6 kr./ton gylle (i forhold til 15,8 kr./ton) og CO₂-skyggeprisen stiger til 2.533 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring.

Effekten af en lavere pris på naturgas end forudsat er beregnet for en naturgaspris, der holdes på 2017-niveau i hele beregningsperioden (40,7 kr./GJ). Med denne prisforudsætning øges skyggeprisen til 2.483 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring.

Som det fremgår af tabellen, er CO₂-skyggeprisen følsom over for størrelsen af diskonteringsrenten, da der er en vis tidsmæssig forskydning mellem omkostninger og indtægter gennem analyseperioden. Beregnes tiltaget med en diskonteringsrente på 0 procent, falder skyggeprisen til 871 kr./ton CO₂-ækv., mens den ved 2 procent diskonteringsrente falder til 1.124 kr./ton CO₂-ækv. Ved en højere diskonteringsrente på 6 procent stiger skyggeprisen til 1.705 kr./ton CO₂-ækv.

Et lavere generelt skatteforvridningstab på 5 procent samt et landbrugsspecifikt skatteforvridningstab på 4,5 procent reducerer skyggeprisen til 1.278 kr./ton CO₂-ækv., mens et højere skatteforvridningstab på 20 hhv. 18 procent øger skyggeprisen til 1.650 kr./ton CO₂-ækv.

Tabel 3.1.15. Følsomhedsanalyser

	CO ₂ -skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 25 kr./kg N	CO ₂ -skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 60 kr./kg N
	Kr./ton CO ₂ –ækv.	Kr./ton CO ₂ –ækv.
Basisberegning	1.402	1.209
Transport af gylle 13 kr./ton Transport af fiber 19 kr./ton	837	643
Transport af gylle 52 kr./ton Transport af fiber 75 kr./ton	2.533	2.340
2017-naturgaspris i hele beregningsperioden	2.483	2.289
Diskonteringsrente 0 %	871	678
Diskonteringsrente 2 %	1.124	930
Diskonteringsrente 6 %	1.705	1.511
Skatteforvridningstab, 5 %/4,5 %	1.278	1.084
Skatteforvridningstab, 20 %/18 %	1.650	1.457

Kilde: Egne beregninger

3.1.6. Scenarie med hyppigt udsluset hhv. kølet gylle

I dette afsnit undersøges drifts- og samfundsøkonomien i biogasproduktion i kombination med hyppig udslusning af gylle fra kvægstalde¹⁷ samt køling af svinegylle. Det vurderes, at det alene er relevant at anvende gyllekøling på svinebedrifter, hvor der er mulighed for at udnytte den varme, der kan indvindes ved køling af gyllen (Olesen et al., 2018). Køling betragtes ikke som relevant for kvæggylle, da kvægstalde typisk er åbne, og der generelt ikke er behov for opvarmning andetsteds på bedriften (op. cit.). Af omkostningsmæssige grunde betragtes det kun som relevant at implementere de to teknologier ifm. nyt staldbyggeri.

Begge teknologier øger metanproduktionspotentialen ved lagring af gylle, ligesom metanproduktionen ved bioafgasning øges, dog kun i beskedent omfang. Når det er relevant at medtage nedsat metanudledning fra lagret gylle som en effekt af bioafgasning, skyldes det, at hyppigt udsluset eller kølet gylle vil have et højere potentiale for metanudledninger, som vil føre til øget metanudslip fra gødningslageret, hvis ikke det forsures eller biogasses (Olesen et al., 2018). Køling af gylle er også en ammoniakreducerende teknologi (op. cit.).

Virkemidlet forudsættes, som i standardscenariet, implementeret ved en fortsættelse af tilskuddene til biogasproduktion. Derudover antages det, at de forudsatte potentialer for hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle sikres gennem regelstyring i form af krav om anvendelse af disse teknologier i nye stalde, hvor det kan betragtes som relevant at udnytte den hyppigt udslusede hhv. kølede gylle i biogasproduktion. Al kvæggylle i scenariet forudsættes at være hyppigt udsluset, mens knap halvdelen af svinegyllen forudsættes at være kølet.

Implementeringspotentialer

Ved hyppig udslusning reduceres gyllens maksimale opholdstid i kvægstalde fra størrelsesordenen 30-40 dage (svarende til en gennemsnitlig opholdstid for gyllen på ca. 20 dage) til 7 dage (Olesen et al., 2018). For svinegyllen forudsættes det, at den nedkøles med typisk 10°C (op. cit.).

Olesen et al. (2018) vurderer, at det ikke vil være økonomisk realistisk at ombygge eksisterende stalde til hyppig udslusningsteknologi. Det er derfor et tiltag, som kapacitetsmæssigt vil være begrænset til implementering ifm. etablering af nye stalde, hvilket forudsættes at gælde for halvdelen af gyllemængden i den 10-årige periode fra 2020-2030, da der forudsættes en levetid på stalde på 20 år (op. cit.).

Det har ikke været muligt at fremskaffe oplysninger om, hvorvidt hyppig udslusning vil være forbundet med ekstra omkostninger for bedrifterne. Da det antages, at hyppig udslusning indføres i nye stalde, kan der ved projekteringen tages højde for, at gyllen skal udsluses hyppigere. Det vil formentlig betyde, at meromkostningerne vil ligge på et lavt niveau. Beregningerne for hyppig udslusning omfatter derfor alene ændringer i omkostninger og indtægter for biogasanlæggene.

Også for køling af svinegylle må det antages, at det kun vil være økonomisk realistisk at implementere dette i forbindelse med nyt staldbyggeri (Olesen et al., 2018). Gyllekøling er udviklet til reduktion af

¹⁷ I forbindelse med brug af gylle til biogas er der i en ny politisk aftale sat midler af til at reducere opholdstiden i stalene.
<http://mfvm.dk/nyheder/nyhed/nyhed/millioner-skal-goere-landbruget-mere-klimavenligt/>

ammoniaktab. Dette tiltag indgår i en rapport om økonomien i teknologier til reduktion af ammoniakudledning (Jacobsen & Ståhl, 2017), hvor kølingsomkostninger for slagtesvinegylle er baseret på baggrundstal for DCA (2016). Gyllekøling på slagtesvinebedrifter, hvor overskudsvarmen kan udnyttes fuldt ud, er på denne baggrund en driftsøkonomisk fordelagtig teknologi til reduktion af ammoniakudledning. Dette ligger på linje med Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013), som viste, at køling af so- og smågrisegylle giver driftsøkonomiske fordele, når den indvundne varme kan udnyttes på bedriften.

Køling af svinegylle er derfor en teknologi, der kan betragtes som et relevant ammoniakpolitisk tiltag med positive sideeffekter, der kan udnyttes ifm. biogasproduktion. Denne antagelse betyder, at biogasberegningerne ikke inddrager de omkostninger og besparelser på bedrifterne, som køling af svinegylle giver anledning til. Det samme gælder miljøeffekter i form af reduceret ammoniakudledning og drivhusgaseffekter af energiforbrug/-besparelser ifm. kølingen. Biogastiltaget inddrager dermed alene (side)effekterne i form af den kølede gylles større biogasproduktions- og metanreduktionspotentiale. Det skal dog understreges, at i tilfælde af at varmen ikke kan genindvindes, vil der være driftsøkonomiske nettoomkostninger ved tiltaget.

Potentialet for brug af hyppigt udsluset kvæggylle er opgjort af Olesen et al. (2018) til 6,4 mio. ton., mens potentialet for køling af svinegylle er opgjort til 3,2 mio. ton. Da 6,3 mio. ton kvæggylle indgår i standardscenariet for biogas, betyder det, at hele den bagvedliggende kvæggylllemængde i nærværende scenarie forudsættes at være hyppigt udsluset. Hvad svinegylle angår, anvendes der knap 7 mio. ton i standardscenariet. De 3,2 mio. ton kølet svinegylle i nærværende scenarie udgør dermed 46 procent af den anvendte bagvedliggende svinegylllemængde. Det forudsættes endvidere, at den hyppigt udslusede hhv. kølede gylle bliver separeret i samme grad som i standardscenariet.

Som beskrevet i Olesen et al. (2018) er potentialet for køling af svinegylle opgjort således, at der tages hensyn til de mængder, der køles og forsures i baseline. Derudover tages der hensyn til de gyllemængder, der forsures i kraft af forsuringsvirkemidlet. Det skyldes, at køling og forsuring udelukker hinanden, og at forsuret gylle ikke antages at kunne indgå i biogasproduktionen. Hyppig udslusning af svinegylle indgår ikke i fremskrivningen i 2030, da det forudsættes, at den til rådighed værende mængde enten køles og afgasses eller forsures.

Som nævnt ovenfor betragtes det ikke som relevant at køle kvæggylle. Da forsuret gylle ikke forudsættes anvendt til biogas, er potentialet opgjort som den mængde kvæggylle i nye stalde, der ikke forsures. Ud over kvæg- og svinegylle indgår der i scenariet også en mindre andel andet gylle. Det forudsættes, at denne hverken er hyppigt udsluset eller kølet.

Ved fuld implementering af scenariet med hyppig udslusning hhv. køling af gylle øges drivhusgasreduktionen med 92.000 ton CO₂-ækv./år i forhold til standardscenariet, nærmere betegnet fra 250.000 ton CO₂-ækv./år i standardscenariet til 342.000 ton CO₂-ækv./år i scenariet med hyppig udslusning hhv. køling af gylle. Langt hovedparten af den øgede drivhusgasreduktion skyldes nedsat metanudledning fra lagret gylle, som svarer til knap 96 procent af den samlede reduktionsforøgelse på 92.000 ton CO₂-ækv. Resten stammer fra øget biogasudbytte som følge af mindre metantab fra gyllen. Køling af svinegylle yder det største bidrag til den øgede reduktion af metanemissionerne. Det drejer sig om knap 73 procent af reduktionsforøgelsen.

Det skal bemærkes, at selvom de beregnede metanudledningseffekter indgår i den nuværende metode til national emissionsopgørelse fra landbruget, vil det formentlig være nødvendigt at verificere antagelserne i modellerne med målinger fra praksis (Olesen et al., 2018).

Reduktion af drivhusgasser

I dette afsnit gennemgås de væsentligste ændringer i drivhusgasreduktionerne, i forhold til standard-scenariet, i kraft af hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle.

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren

Hyppig udslusning af gylle på kvægbedrifter øger metanreduktionspotentialet til 13,8 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle, mens metanreduktionen fra fiberfraktionen vil være 29,9 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle (Olesen et al., 2018). Til sammenligning er metanreduktionerne uden hyppig udslusning 8,0 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle og 17,3 kg CO₂-ækv./ton fiberfraktion fra kvæggylle.

Ved køling af svinegylle, vil der være et metanreduktionspotential på 45,8 kg CO₂-ækv./ton svinegylle samt 144,6 ton CO₂-ækv./ton fiberfraktion fra svinegylle. Uden køling er metanreduktionspotentialet 15,3 kg CO₂-ækv./ton svinegylle samt 48,3 ton CO₂-ækv./ton fiberfraktion af svinegylle.

Det reducerede metantab fra hyppigt udsluset hhv. kølet gylle øger den mængde biogas, der kan produceres på basis af en given mængde gylle – dog kun i beskedent omfang. Hyppigt udsluset kvæggylle har et metanproduktionspotential på 0,213 m³ CH₄/kg VS, mens kølet svinegylle har et potential på 0,317 m³ CH₄/kg VS (Olesen et al., 2018). Til sammenligning er metanproduktionspotential for kvæggylle uden hyppig udslusning 0,21 m³ CH₄/kg VS, mens ikke-kølet svinegylle har et metanproduktionspotential på 0,29 m³ CH₄/kg VS.

Ved fuld implementering af tiltaget i 2030 vil der være et reduceret metantab fra gyllen på 187.000 ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring (mod 98.000 ton i standardscenariet) og 203.000 ton CO₂-ækv. uden kulstoflagring (mod 115.000 ton uden hyppig udslusning og køling).

Det (lidt) større gasudbytte øger substitution af naturgas i energisektoren, hvor der opnås reduktioner på 185.000 ton CO₂-ækv. i den ikke-kvoteomfattede del i 2030 (mod 181.000 ton CO₂-ækv. i standardscenariet), mens denne i 2031, hvor alle anlæg kører uden indkøringstab, stiger til 192.000 tusind ton CO₂-ækv. Der vil dog også være en mindre stigning i metanlækagen fra biogasanlæggene som følge af den større produktion af biogas. I 2030 vil metanlækagen udgøre 29.300 ton CO₂-ækv. mod 28.600 ton CO₂-ækv. i standardscenariet.

Samlet set vil hyppig udslusning og køling i kombination med biogasproduktion betyde en drivhusgasreduktion på 337.000 ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring i 2030 (mod 244.000 tusind ton CO₂-ækv. i standardscenariet), samt 342.000 ton CO₂-ækv. i 2031, hvor alle anlæg kører uden indkøringstab. Reduktionerne uden den reducerede kulstoflagring vil være 353.000 ton CO₂-ækv. i 2030 samt 358.000 ton CO₂-ækv. i 2031, hvor alle anlæg kører uden indkøringstab.

Tabel 3.1.16. Reduktioner i drivhusgasudledninger

	Drivhusgasser i alt med kulstofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kulstofbinding*	CO ₂ *	CH ₄	Kulstofbinding
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0
2024	43	45	20	26	-2
2025	92	97	46	51	-5
2026	141	148	73	76	-7
2027	190	199	99	101	-9
2028	239	251	125	125	-11
2029	288	302	152	150	-14
2030	337	353	177	175	-16
2031	342	358	184	174	-16
2032	342	358	184	174	-16
2033	342	358	184	174	-16
2034	342	358	184	174	-16
2035	342	358	184	174	-16
2036	342	358	184	174	-16
2037	342	358	184	174	-16
2038	342	358	184	174	-16
2039	342	358	184	174	-16
2040	342	358	184	174	-16
2041	342	358	184	174	-16
2042	342	358	184	174	-16
2043	342	358	184	174	-16
2044	342	358	184	174	-16
2045	342	358	184	174	-16
2046	342	358	184	174	-16
2047	342	358	184	174	-16
2048	342	358	184	174	-16
2049	342	358	184	174	-16
2050	342	358	184	174	-16
Akkumuleret 2021-2030	1.331	1.395	691	704	-64
Gennemsnit 2021-2030	133	140	69	70	-6
Gennemsnit 2031-2050	342	358	184	174	-16

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

De forudsatte implementeringspotentialer er bl.a. baseret på en antagelse om, at halvdelen af den eksisterende staldkapacitet udskiftes frem til 2030. Denne antagelse er forbundet med betydelig usikkerhed. Drivhusgasreduktionerne ved lagring af gyllen er baseret på modelberegninger (Olesen et al., 2018). Der vil formentligt være behov for at validere disse beregninger med målinger fra praksis, før tiltaget kan indgå i den nationale emissionsopgørelse.

Barrierer

Fremskaffelse af hyppigere udsluset hhv. kølet gylle til biogasproduktion er knyttet til etablering af nye stalde, og potentialet afhænger derfor af staldbyggeriets omfang i beregningsperioden, samt de mængder der forudsættes forsuret hhv. kølet i baseline og virkemiddel. Potentialeantagelserne forudsætter endvidere, at der træffes politiske beslutninger om krav til etablering af systemer med hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle i nybyggede stalde.

Budgetøkonomi

I dette afsnit gennemgås de væsentligste ændringer i driftsøkonomien, i forhold til standardscenariet, ved produktion af biogas på basis af hyppigt udsluset kvæggylle og kølet svinegylle. Som beskrevet ovenfor inddrager økonomiberegningerne alene de meromkostninger og –gevinster, som hyppig udslusning og køling af gylle giver anledning til i selve biogasproduktionen. Driftsøkonomiske meromkostninger og –gevinster, som opstår på bedrifterne, indgår ikke, da det forudsættes, at krav til hyppig udslusning og køling fremkommer ifm. andre politikker end opnåelse af klimamål i landbrugssektoren.

Biogasproduktion ved hyppig udslusning hhv. køling af gylle

Metanproduktionen ved anvendelse af hyppigt udsluset kvæggylle er vurderet til 0,213 Nm³/kg VS, mens den for kølet svinegylle er 0,317 Nm³/kg (Olesen et al., 2018). I scenariet forudsættes al kvæggylle som nævnt at være hyppigt udsluset, mens 46 procent af svinegyllen forudsættes at være kølet. Anden gylle, der indgår i scenariet, behandles ikke ud over separering.

Output per biogasanlæg stiger i dette scenarie til 13,4 mio. Nm³ biogas inklusive seriedrift (mod knap 13,1 mio. Nm³ i standardscenariet), dvs. omtrent 8,7 mio. Nm³ metan. Efter lækage og gas brugt til procesvarme svarer det til knap 279.000 GJ (mod 271.000 GJ i standardscenariet).

Tabel 3.1.17. Produktion og fordeling af biogas med hyppig udslusning (af kvæggylle) og køling (46 % af svinegylle), 2030

	1.000 Nm ³ biogas/anlæg i 2030	GJ/anlæg i 2030
Biogasproduktion	12.186	284.205
Biogasproduktion inkl. seriedrift	13.405	312.626
Energi til procesvarme (10 %)	1.340	31.257
Lækage	121	2.814
<u>Biogasproduktion, netto</u>	<u>11.944</u>	<u>278.555</u>
Produktion til opgradering (NG-net)	6.438	150.141
Energitaab	64	1.501
Lækage	6	150
<u>Udnyttet energi i opgradering</u>	<u>6.367</u>	<u>148.490</u>
Produktion til opgradering (transportsektoren)	72	1.671
Energitaab	1	17
Lækage	0	2
<u>Udnyttet energi i opgradering, transport</u>	<u>71</u>	<u>1.653</u>
Produktion til energi i kraftvarmesektor	4.467	104.180
10 % sæsontab ¹ v. afsætning til kraftvarmesektor	447	10.418
<u>Udnyttet energi i kraftvarmesektor</u>	<u>4.020</u>	<u>93.762</u>
Produktion til energi i fjernvarmesektor	251	5.850
<u>Udnyttet energi i fjernvarmesektor</u>	<u>251</u>	<u>5.850</u>
Produktion til energi i procesvarme	717	16.713
<u>Udnyttet energi i industri</u>	<u>717</u>	<u>16.713</u>

Kilde: Egne beregninger

Driftsøkonomi

Resultaterne af de driftsøkonomiske beregninger fremgår af tabel 3.1.18 og tabel 3.1.19. Driftsomkostningerne per biogasanlæg etableret i 2023 stiger i dette scenarie til 460 mio. kr. i nutidsværdi, svarende til 26 mio. kr. annuieret på grund af det større gasoutput, der bl.a. kræver flere udgifter til opgradering. Indtægterne stiger til gengæld til 637 mio. kr. i nutidsværdi på grund af det større gasoutput, svarende til 36 mio. kr. annuieret (inklusive øget gødningsværdi). Samlet set vil der være et driftsøkonomisk overskud ved tiltaget på 3,0 mia. kr., svarende til annuierede indtægter på 175 mio. kr. Til sammenligning viste beregningerne for standardscenariet en nettoindtjening på ca. 2,8 mia. kr. i nutidsværdi for perioden frem til 2050, svarende til 159 mio. kr. annuieret. Dette svarer til 16,9 kr./ton bagvedliggende gylle (diskonteret værdi af nettoindtjening divideret med diskonteret gyllemængde). I standardscenariet er det tilsvarende driftsøkonomiske overskud 15,4 kr./ton gylle.

Tabel 3.1.20 viser de budgetøkonomiske udgifter for staten. På grund af det større gasoutput vil staten opleve større udgifter til pristillæg og reducerede afgiftsindtægter. Udgifterne til tillæg er beregnet til 4,7 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til annuierede udgifter på 274 mio. kr. De reducerede afgifter ved substitution af naturgas for biogas samt øgede elafgiftsindtægter svarer til en omkostning for staten på 806 mio. kr. i nutidsværdi eller 47 mio. kr. annuieret. Statens samlede omkostninger ved tiltaget beløber sig til 5,8 mia. kr. i nutidsværdi for hele beregningsperioden, svarende til annuierede omkostninger på 333 mio. kr.

Tabel 3.1.18. Budgetøkonomiske omkostninger for berørte aktørgrupper, 2017-priser, 30-årig periode.

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	0	0
2020	0	0
2021	0	0
2022	0	0
2023	22	0
2024	83	-16
2025	168	-59
2026	248	-101
2027	321	-141
2028	390	-180
2029	453	-217
2030	512	-253
2031	512	-273
2032	498	-269
2033	485	-265
2034	472	-261
2035	460	-257
2036	451	-251
2037	445	-250
2038	441	-249
2039	436	-248
2040	432	-248
2041	428	-244
2042	428	-244
2043	428	-244
2044	428	-244
2045	428	-244
2046	428	-244
2047	428	-244
2048	428	-244
2049	428	-244
2050	428	-244
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	1.618	-704
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	5.758	-3.021
Annuitet for perioden 2021-2030*	199	-87
Annuitet for perioden 2021-2050*	333	-175

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.1.19. Landbruget: Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	Invest- ering	Afskriv- ninger	D&V	Produk- tionstab	Salg af biogas, værdi af CO ₂ - kvoter og øget gødningsværdi	Besparel- ser af fx energi, gødning	Afgifter og skat- ter (netto)	Tilskud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	410	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	410	29	62	0	-37	0	-7	-62	0	-16
2025	410	58	127	0	-90	0	-17	-138	0	-59
2026	410	87	192	0	-147	0	-27	-207	0	-101
2027	410	116	258	0	-207	0	-37	-271	0	-141
2028	410	145	324	0	-273	0	-46	-330	0	-180
2029	410	174	390	0	-341	0	-56	-383	0	-217
2030	0	203	457	0	-414	0	-65	-433	0	-253
2031	0	203	461	0	-439	0	-67	-430	0	-273
2032	0	203	462	0	-449	0	-67	-417	0	-269
2033	0	203	463	0	-459	0	-67	-404	0	-265
2034	0	203	464	0	-468	0	-67	-391	0	-261
2035	0	203	465	0	-478	0	-67	-379	0	-257
2036	0	203	466	0	-483	0	-68	-369	0	-251
2037	0	203	467	0	-488	0	-68	-364	0	-250
2038	0	203	468	0	-493	0	-68	-359	0	-249
2039	0	203	469	0	-497	0	-68	-355	0	-248
2040	0	203	470	0	-502	0	-68	-351	0	-248
2041	0	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
2042	410	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
2043	410	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
2044	410	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
2045	410	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
2046	410	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
2047	410	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
2048	410	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
2049	0	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
2050	0	203	470	0	-502	0	-68	-347	0	-244
Netto nutids- værdi for perio- den 2021-2030*	0	594	1.324	0	-1.098	0	-186	-1.339	0	-704
Netto nutids- værdi for perio- den 2021-2050*	0	2.456	5.611	0	-5.549	0	-806	-4.733	0	-3.021
Annuitet for peri- oden 2021-2030*	0	73	163	0	-135	0	-23	-165	0	-87
Annuitet for peri- oden 2021-2050*	0	142	324	0	-321	0	-47	-274	0	-175

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.1.20. Staten: Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Stat (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	D&V	Administration	Tilskudsudgift	Besparelser	Afgifts- og skatteprovenu+ brugerbetaling (netto)	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	22	0	0	0	0	22
2024	0	0	0	14	62	0	7	0	83
2025	0	0	0	14	138	0	17	0	168
2026	0	0	0	14	207	0	27	0	248
2027	0	0	0	14	271	0	37	0	321
2028	0	0	0	14	330	0	46	0	390
2029	0	0	0	14	383	0	56	0	453
2030	0	0	0	14	433	0	65	0	512
2031	0	0	0	14	430	0	67	0	512
2032	0	0	0	14	417	0	67	0	498
2033	0	0	0	14	404	0	67	0	485
2034	0	0	0	14	391	0	67	0	472
2035	0	0	0	14	379	0	67	0	460
2036	0	0	0	14	369	0	68	0	451
2037	0	0	0	14	364	0	68	0	445
2038	0	0	0	14	359	0	68	0	441
2039	0	0	0	14	355	0	68	0	436
2040	0	0	0	14	351	0	68	0	432
2041	0	0	0	14	347	0	68	0	428
2042	0	0	0	14	347	0	68	0	428
2043	0	0	0	14	347	0	68	0	428
2044	0	0	0	14	347	0	68	0	428
2045	0	0	0	14	347	0	68	0	428
2046	0	0	0	14	347	0	68	0	428
2047	0	0	0	14	347	0	68	0	428
2048	0	0	0	14	347	0	68	0	428
2049	0	0	0	14	347	0	68	0	428
2050	0	0	0	14	347	0	68	0	428
Netto nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	0	93	1.339	0	186	0	1.618
Netto nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	0	219	4.733	0	806	0	5.758
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	0	11	165	0	23	0	199
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	0	13	274	0	47	0	333

Kilde: Egne beregninger

Velfærdsøkonomiske effekter

I dette afsnit gennemgås de væsentligste ændringer i de samfundsøkonomiske resultater set i forhold til standardscenariet uden hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle.

Værdi af sideeffekter

Da gassalget er en smule større i dette scenarie, indgår der et lidt større beløb fra de frigjorte CO₂-kvoter, mens skadesomkostningen for udledningen af luftforurening i energisektoren øges pga. øget anvendelse af biogas i stedet for naturgas. Værdien af de samlede sideeffekter er i dette scenarie derfor en smule højere med 561 mio. kr. i nutidsværdi mod 557 mio. kr. i standardscenariet.

Forvridningseffekter

Der vil i dette scenarie være en smule større skatteforvridningstab pga. øgede udgifter til tilskud og lavere afgiftsindtægter ved brug af biogas i stedet for naturgas. Forvridningstabets størrelse er beregnet til 763 mio. kr. i nutidsværdi for hele beregningsperioden mod 744 mio. kr. i standardscenariet.

Opgørelse af velfærdsøkonomi

Nutidsværdien af de samfundsøkonomiske omkostninger i biogasscenariet med hyppig udslusning hhv. køling af gyllen er beregnet til 4,6 mia. kr. eksklusive sideeffekter. Inklusive sideeffekter og med den lave N-udvaskningsskyggepris på 25 kr./kg N reduceres omkostningerne til knap 4,1 mia. kr. Med den høje skyggepris på kvælstofudvaskning reduceres de samfundsøkonomiske omkostninger til 3,5 mia. kr. i nutidsværdi. Som i den budgetøkonomiske opgørelse indgår der ikke omkostninger eller fordele ved anvendelse af teknologierne hyppig udslusning og køling på bedrifterne, da det forudsættes, at disse teknologier implementeres som følge af yderligere politikker og krav til opnåelse af andre målsætninger end klimamålsætningen.

De diskonterede drivhusgasreduktioner i ikke-kvotesektoren for perioden 2021-2050 er opgjort til knap 4,1 mio. ton CO₂-ækv. inklusive reduceret kulstoflagring og knap 4,3 mio. ton CO₂-ækv. uden afgangens negative effekt på kulstoflagring – mod hhv. 3,0 og 3,2 mio. ton CO₂-ækv. i standardscenariet.

CO₂-skyggeprisen er inklusive sideeffekter og kulstoflagring beregnet til 987 kr./ton CO₂-ækv. og 942 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter, men eksklusive den reducerede kulstoflagring. De tilsvarende tal for standardscenariet er 1.402 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring og 1.317 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter, men eksklusive kulstoflagring.

Uden sideeffekter er CO₂-skyggeprisen beregnet til 1.123 kr./ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring og 1.072 eksklusive kulstoflagring. De tilsvarende tal for standardscenariet er hhv. 1.588 og 1.491 kr./ton CO₂-ækv. med og uden effekten på kulstoflagring.

Beregnes CO₂-skyggeprisen med den højere værdi af reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N, fås en CO₂-skyggepris på hhv. 846 og 808 kr./ton CO₂-ækv. med og uden effekten på kulstoflagring. De tilsvarende tal for standardscenariet er hhv. 1.209 og 1.135 kr./ton CO₂-ækv. med og uden effekten på kulstoflagring.

CO₂-skyggeprisen ved biogasproduktion med hyppigt udsluset kvæggylle samt kølet svinegylle er således væsentligt reduceret i forhold til standardscenariet på grund af de større drivhusgasreduktioner. Reduktionen af skyggeprisen skyldes en kombination af det øgede metanreduktionspotentiale fra

lagret gylle samt en større biogasproduktion, hvor metanreduktionen spiller langt den største rolle. Hvis det alene er den øgede biogasproduktion, der indgår i beregningerne, bliver CO₂-skyggeprisen 1.333 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring. Med øget metanreduktion alene, dvs. uden øget biogasproduktion, er CO₂-skyggeprisen 1.034 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring.

Reduktionen i CO₂-skyggeprisen sker således primært pga. de større reduktioner af metan fra lagret gylle, som indgår i nævneren. Den øgede biogasproduktion bidrager i begrænset omfang til reduktionen i CO₂-skyggeprisen via substitutionen af naturgas i energisektoren, men denne effekt bliver delvist modarbejdet af de øgede forvridningsomkostninger som følge af højere tilskudsbetalinger.

Tabel 3.1.21. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser, 30-årig periode

Velfærds- økonomi	Afskriv- ninger	D&V	Admini- stration	Salg af biogas, gødnings- værdi	Værdi af side- effekter	Forvrid- ning	Velfærds- økonomiske omkostninger i alt	Reduktion af drivhusgasser inkl. kulstof- binding**	Reduktion af drivhusgasser ekskl. kulstof- binding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ - ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	30	0	0	3	32	0	0
2024	38	82	18	-49	-5	11	96	43	45
2025	77	168	18	-116	-11	22	159	92	97
2026	115	255	18	-190	-16	33	214	141	148
2027	154	342	18	-269	-22	43	265	190	199
2028	192	429	18	-353	-28	52	309	239	251
2029	230	516	18	-442	-35	60	348	288	302
2030	269	605	18	-536	-41	68	383	337	353
2031	269	610	18	-568	-42	68	355	342	358
2032	269	612	18	-580	-43	66	341	342	358
2033	269	613	18	-592	-44	64	328	342	358
2034	269	614	18	-604	-45	63	315	342	358
2035	269	616	18	-615	-46	61	302	342	358
2036	269	617	18	-621	-47	60	295	342	358
2037	269	618	18	-627	-48	59	289	342	358
2038	269	620	18	-632	-49	58	284	342	358
2039	269	621	18	-637	-50	58	278	342	358
2040	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2041	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2042	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2043	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2044	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2045	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2046	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2047	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2048	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2049	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
2050	269	622	18	-641	-52	57	273	342	358
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	3.255	7.434	308	-7.136	-561	763	4.062	4.117	4.312
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.								inkl. kul- stofbinding	ekskl. kul- stofbinding
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 25 kr./kg N								987	942
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 60 kr./kg N								846	808
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								1.123	1.072

Kilde: Egne beregninger

Følsomhedsanalyser, scenarie med hyppig udslusning og køling

Tabel 3.1.22 nedenfor viser resultaterne af følsomhedsanalyser på skyggeprisen. Resultaterne vises for både den lave og den høje skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på hhv. 25 og 60 kr./kg N, men kun resultaterne for den lave skyggepris inklusive kulstoflagring gennemgås her.

Sættes andelen af kølet svinegylle til 0, dvs. svinegyllen bliver ikke yderligere behandlet, mens al kvæggylle stadigvæk bliver hyppigt udsluset, fås en skyggepris på 1.266 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter. Beregnes skyggeprisen alene med potentialet for andelen af kølet svinegylle på de 46 procent, dvs. kvæggylle forudsættes ikke at være hyppigt udsluset, fås en skyggepris på 1.072 kr./ton CO₂-ækv. I forhold til standardscenariet er det således primært den kølede svinegylle, der har en reducerende effekt på skyggeprisen.

Halveres transportomkostningerne, falder CO₂-skyggeprisen i dette scenarie til 575 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring. Fordobles transportomkostningerne derimod, er der ikke længere et driftsøkonomisk overskud og CO₂-skyggeprisen stiger til 1.811 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring.

Forudsættes en naturgaspris som i 2017, dvs. 40,7 kr./GJ i hele beregningsperioden, stiger skyggeprisen til 1.795 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring.

Skyggeprisen er også i dette scenarie følsom over for ændringer i diskonteringsrenten i kraft af tidsmæssig forskydning mellem omkostninger og indtægter. Skyggeprisen falder til 599 kr./ton CO₂-ækv. ved 0 procent og 784 kr./ton CO₂-ækv. ved 2 procent, hvorimod den stiger til 1.207 kr./ton CO₂-ækv. ved en diskonteringsrente på 6 procent. Forudsættes et lavere skatteforvridningstab på 5 procent, falder skyggeprisen til 894 kr./ton CO₂-ækv., mens en skatteforvridningssats på 20 procent øger skyggeprisen til 1.172 kr./ton CO₂-ækv.

Tabel 3.1.22. Følsomhedsanalyser

	CO ₂ -skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 25 kr./kg N	CO ₂ -skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 60 kr./kg N
	Kr./ton CO ₂ -ækv.	Kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning	987	846
Ekskl. kølet svinegylle	1.266	1.090
Ekskl. hyppigt udsluset kvæggylle	1.072	920
Transport af gylle 13 kr./ton	575	434
Transport af fiber 19 kr./ton		
Transport af gylle 52 kr./ton	1.811	1.670
Transport af fiber 75 kr./ton		
2017-naturgaspris i hele beregningsperioden	1.795	1.654
Diskonteringsrente 0 %	599	458
Diskonteringsrente 2 %	784	643
Diskonteringsrente 6 %	1.207	1.066
Skatteforvridningstab, 5 %/4,5 %	894	753
Skatteforvridningstab, 20 %/18 %	1.172	1.031

Kilde: Egne beregninger

3.1.7. Samlet vurdering

Biogasberegningerne omfatter et standardscenarie, hvor biogasproduktionen er baseret på husdyrgødning i form af ubehandlet gylle tilsat fiberfraktionen fra separeret gylle, samt et scenarie hvor der yderligere sker hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle.

Reduktionspotentiale i ikke-kvotesektoren:

Beregningerne forudsætter, at der etableres tre anlæg årligt i perioden 2023-2030, hvor de sidste tre anlæg er oppe på fuld biogasproduktion i 2031. Tiltaget vil således have fuld effekt fra 2031. Tabel 3.1.23 viser de største kilder til emissionsreduktioner i de to undersøgte scenarier. Det drejer sig om reduktion af metanemission fra lagret gylle og brændselssubstitution i energisektoren (ikke-kvotesektoren) ved anvendelse af den producerede mængde biogas.

Tabel 3.1.23. Metanreduktioner fra lagret gylle samt brændselssubstitution i energisektoren i de to analyserede scenarier, 1.000 ton CO₂-ækv. i ikke-kvotesektoren, 2030-31

	Standardscenariet		Hyppig udslusning/ køling	
	2030	2031	2030	2031
Brændselssubstitution og transport	174	181	179	186
Reduktion af metanemission fra gylle mm.	86	85	173	172
Drivhusgasreduktion i alt uden kulstofbinding	260	266	353	358
Kulstoflagring i jord	-16	-16	-16	-16
Drivhusgasreduktion med kulstofbinding	244	250	337	342

Kilde: Egne beregninger

Standardscenariet:

I standardscenariet giver biogasproduktionen en brændselssubstitution i energisektoren (ikke-kvote) samt øget lastbilskørsel på i alt 181.000 ton CO₂ i 2031 og hvert år frem, mens metanemissioner fra gylle og metanlækagen fra anlæggene betyder en metanreduktion på 85.000 ton CO₂-ækv. i 2031 og hvert år frem. Da der optræder indkøringstab på de sidst etablerede anlæg i 2030, stiger metanlækagen en smule fra 2030-2031, eftersom produktionen af biogas stiger. Afgasning reducerer den udbragte gylles bidrag til kulstoflagring i jorden, svarende til 16.000 ton CO₂-ækv/år. Med inddragelse af den reducerede kulstofbinding bliver den samlede drivhusgasreduktion 244.000 ton CO₂-ækv. i 2030 og 250.000 ton CO₂-ækv. i 2031, hvor alle biogasanlæg er oppe på fuld produktion.

Scenariet med hyppig udslusning hhv. køling af gylle:

Implementering af hyppig udslusning hhv. køling af gylle er begrænset til nybyggede stalde. Det forudsættes, at hele kvæggyllemængden i scenariet bliver udsluset hyppigere, mens knap 46 procent af svinegyllen forudsættes kølet på bedrifterne. Som det fremgår af tabel 3.1.23, giver disse foranstaltninger en betydelig forøgelse i reduktionen af metanemissionerne (inklusive metanlækage) og en marginalt større biogasproduktion. Biogasproduktionens brændselssubstitution samt den øgede kørsel med lastbiler udgør 186.000 ton CO₂ i 2031 mod 181.000 ton CO₂ i standardscenariet. Reduktion i metanemissioner fra gylle udgør 173.000 ton CO₂-ækv. i 2030, hvilket er en fordobling i forhold til standardscenariet. Køling af svinegylle bidrager med knap 73 procent af denne reduktionsfor-

øgelse. Nedgangen i kulstoflagringen i jorden er uændret. Med inddragelse af den reducerede kulstofbinding bliver den samlede drivhusgasreduktion 337.000 ton CO₂-ækv. i 2030 og 342.000 ton CO₂-ækv. i 2031, hvor alle anlæg kører uden indkøringstab. Det svarer til en forøgelse på knap 37 procent i forhold til standardscenariet.

Reduktioner i kvotesektoren:

En betydelig del af den producerede biogas leveres til virksomheder i kvotesektoren. I standardscenariet er den samlede udledningsreduktion som følge af disse leverancer opgjort til 95.000 ton CO₂-ækv. netto i 2030 og 99.000 ton CO₂-ækv. i 2031 og årene derefter. Disse leverancer indgår ikke i virkemidlets bidrag til drivhusgasreduktion, der alene omfatter reduktioner i ikke-kvotesektoren. I scenariet med kølet svinegylle og hyppigt udsluset kvæggylle, er biogasproduktionen en smule højere og substituerer derfor en større mængde naturgas i kvotesektoren. Udledningsreduktionen ved dette er beregnet til 97.000 ton CO₂-ækv. i 2030 og 101.000 ton CO₂-ækv. i 2031.

Implementeringsinstrumenter:

Tiltaget forudsættes implementeret ved opretholdelse af de nuværende tilskud til biogasanvendelse, som ellers forventes udfaset fra 2023. Scenariet med hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle forudsætter endvidere, at der gennemføres regulering, som sikrer, at hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle finder sted i det forudsatte omfang.

Økonomiske beregningsforudsætninger:

Økonomiberegninger omfatter de budgetøkonomiske såvel som de samfundsøkonomiske omkostninger ved tiltaget. De budgetøkonomiske beregninger opgør tiltagets økonomiske konsekvenser for landbruget og statens udgifter til bl.a. subsidier. I de samfundsøkonomiske beregninger indgår den samfundsmæssige værdi af sideeffekter, positive såvel som negative. De positive sideeffekter omfatter værdien af reduceret kvælstofudvaskning og værdien af de CO₂-kvoter, der frigøres ved biogasleverancer til kvotesektoren, hvor de fortrænger fossile brændsler. Værdien af den reducerede kvælstofforurening beregnes for en lav samfundsmæssig skyggepris på reduceret N-udvaskning fra rodzonen på 25 kr./kg N og en høj samfundsmæssig skyggepris på 60 kr./kg N. De negative sideeffekter omfatter øgede emissioner af NO_x, SO₂ og partikler. Den (negative) økonomiske værdi af disse effekter opgøres ved anvendelse af estimater for de samfundsmæssige skadesomkostninger ved de pågældende emissioner.

I scenariet med hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle antages det, at ingen af de to virkemidler belaster biogasproduktionen med ekstra omkostninger. For hyppig udslusning har det ikke været muligt at fremskaffe oplysninger om, hvorvidt denne foranstaltning vil være forbundet med ekstra omkostninger, men det forudsættes, at de nødvendige konstruktionstilpasninger indføres i nye stalde, hvilket formentlig vil betyde, at meromkostningerne kommer til at ligge på et lavt niveau.

Køling af svinegylle, der bidrager med det største reduktionspotentiale, er derimod forbundet med betydelige omkostninger såvel som betydelige besparelsesmuligheder ved genanvendelse af den indvundne varmeenergi. Gyllekøling er et virkemiddel til ammoniakreduktion, og analyser viser, at køling af svinegylle er et omkostningseffektivt middel til reduktion af ammoniakemissioner med driftsøkonomiske fordele, når det forudsættes at overskudsvarmen kan udnyttes fuldt ud andre steder på

bedriften (Adamsen et al., 2017; Jacobsen og Ståhl, 2018; Dubgaard et al., 2013). Det skal dog understreges, at teknologien vil betyde driftsøkonomiske meromkostninger, hvis varmen ikke kan genindvindes på bedriften. I forlængelse heraf antages det, at den forudsatte mængde kølet svinegylle vil være til rådighed for biogasproduktion som en sideeffekt af ammoniakpolitikken. Biogastiltaget inddrager derfor alene effekterne af den kølede gylles større biogasproduktions- og metanreduktionspotentiale.

Budgetøkonomiske omkostninger:

I standardscenariet har landbruget driftsøkonomiske nettoindtægter på 2,8 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til annuierede nettoindtægter på 159 mio. kr. Det svarer til et driftsøkonomisk overskud på 15,4 kr./ton bagvedliggende gylle. Staten har øgede udgifter, bestående af bl.a. øgede tilskudsbetalinger, på 5,6 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til 325 mio. kr. annuieret.

I scenariet med hyppig udslusning og køling af gylle stiger landbrugets nettoindtægter som følge af øget biogasproduktion til 3,0 mia. kr., svarende til 175 mio. kr. annuieret. Det giver til et driftsøkonomisk overskud på 16,9 kr./ton bagvedliggende gylle. Statens udgifter øges til 5,8 mia. kr. i nutidsværdi og 333 mio. kr. annuieret.

Samfundsøkonomiske omkostninger:

I standardscenariet er de samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved tiltaget beregnet til 4,2 mia. kr. i nutidsværdi ved den lave skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N og 3,6 mia. kr. ved den høje kvælstofskyggepris på 60 kr./kg N. Uden værdien af sideeffekter (kvælstofudvaskning samt luftforurening) bliver de samfundsøkonomiske nettoomkostninger 4,8 mia. kr.

I scenariet med hyppig udslusning og køling af gylle reduceres de samfundsøkonomiske nettoomkostninger – pga. af større metanreduktion og øget biogasproduktion – til 4,1 mia. kr. inklusive værdien af sideeffekter ved den lave skyggepris på N-udvaskning og 3,5 mia. kr. ved den høje skyggepris. Uden sideeffekter er de samfundsøkonomiske nettoomkostninger beregnet til 4,6 mia. kr.

CO₂-skyggepriser

Den samfundsmæssige CO₂-skyggepris på tiltagets bidrag til drivhusgasreduktioner er beregnet med og uden kulstofbinding i jorden og for hver af disse to varianter med og uden den samfundsmæssige værdi af sideeffekter, positive såvel som negative. Tabel 3.1.24 giver en oversigt over de beregnede CO₂-skyggepriser i de to scenarier.

Tabel 3.1.24. CO₂-skyggepriser i standardscenariet og scenariet med hyppig udslusning hhv. køling af gylle, kr./ton CO₂-ækv.

	Inkl. kulstofbinding		Ekskl. kulstofbinding	
	Standard-scenariet	Hyppig udslusning/køling	Standard-scenariet	Hyppig udslusning/køling
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 25 kr./kg N	1.402	987	1.317	942
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 60 kr./kg N	1.209	846	1.135	808
Skyggepris uden værdi af sideeffekter	1.588	1.123	1.491	1.072

Kilde: Egne beregninger

Den samfundsøkonomiske CO₂-skyggepris i standardscenariet er beregnet til 1.402 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring ved en værdi af reduceret kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N og 1.209 kr./ton CO₂-ækv. ved en værdi af reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N. Uden sideeffekter, men med kulstoflagring er skyggeprisen beregnet til 1.588 kr./ton CO₂-ækv. Afgasning af gylle har en (mindre) negativ effekt på kulstoflagringen i jorden. Uden kulstoflagring, men med sideeffekter bliver skyggeprisen 1.317 kr./ton CO₂-ækv. med den lave kvælstofskyggepris og 1.135 kr. med den høje skyggepris. Uden kulstoflagring og uden sideeffekter bliver skyggeprisen 1.491 kr./ton CO₂-ækv.

I scenariet med hyppig udslusning og køling af gylle reduceres CO₂-skyggeprisen som følge af større reduktioner i metanudledningen fra gyllelagring samt en smule højere biogasproduktion. Inklusive sideeffekter og kulstoflagring er CO₂-skyggeprisen beregnet til 987 kr./ton CO₂-ækv. ved en skyggepris på kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N, mens den uden kulstoflagring er beregnet til 942 kr./ton CO₂-ækv. Benyttes den høje skyggepris på kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N, reduceres CO₂-skyggeprisen til 846 kr./ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring og 808 kr./ton CO₂-ækv. uden kulstoflagring. Uden sideeffekter, men inklusive kulstoflagring er skyggeprisen 1.123 kr./ton CO₂-ækv., mens den uden hverken sideeffekter eller kulstoflagring er 1.072 kr./ton CO₂-ækv.

Usikkerheder:

Fremskrivningen af naturgasprisen, tilskuds- og afgiftsregler samt kapital- og driftsomkostninger er forbundet med betydelig usikkerhed. I scenariet med hyppig udslusning og køling knytter der sig usikkerhed til antagelsen om, at der gennem regulering bliver stillet krav om hyppig udslusning af kvæggylle og køling af svinegylle svarende til de forudsatte potentialer. Endvidere knytter der sig usikkerhed til forudsætningerne mht. omfanget af nyt staldbyggeri. Hvad driftsomkostninger ved gyllekøling angår, er der usikkerhed mht. om varmen kan udnyttes i det forudsatte omfang. Hvis varmen ikke kan udnyttes, vil der være driftsøkonomiske omkostninger ved gyllekøling. I dette scenarie er der også en vis usikkerhed mht. opgørelsen af de beregnede metanudledningseffekter i den nationale emissionsopgørelse. Det vil formentlig være nødvendigt at verificere antagelserne i modellerne med målinger fra praksis.

Følsomhedsberegninger:

Der er foretaget følsomhedsberegninger mht. transportomkostninger, naturgaspris, diskonteringsrente og skatteforvridningssatsen for både standardscenariet og scenariet med hyppig udslusning og

køling af gylle. I det følgende gennemgås effekten af ændringer i disse forudsætninger med en skyggepris på kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N.

Skyggeprisen i standardscenariet påvirkes i høj grad af ændringerne i forudsætninger om transportomkostninger, da disse udgør en stor del af driftsomkostningerne. Halveres transportomkostningerne, falder skyggeprisen til 837 kr./ton CO₂-ækv., mens en fordobling af transportomkostningerne øger skyggeprisen til 2.533 kr./ton CO₂-ækv. I scenariet med hyppig udslusning og køling falder skyggeprisen til 575 kr./ton CO₂-ækv. ved en halvering af transportomkostningerne, mens den stiger til 1.811 kr./ton CO₂-ækv. ved en fordobling.

Fastholdes naturgasprisen på 2017-niveau (40,7 kr./GJ) gennem beregningsperioden, stiger CO₂-skyggeprisen til 2.483 kr./ton CO₂-ækv. i standardscenariet og til 1.795 kr./ton CO₂-ækv. i hyppig udslusning/køling-scenariet. CO₂-skyggeprisen på 1.402 kr./ton CO₂-ækv. i standardscenariet forudsætter således en væsentlig stigning i naturgasprisen.

Eftersom der er tidsmæssig forskydning mellem omkostninger og indtægter i beregningsperioden, er skyggeprisen følsom over for ændringer i diskonteringsrenten, der i standardscenariet er sat til 4 procent. Sænkes diskonteringsrenten til 0 procent reduceres skyggeprisen til 871 kr./ton CO₂-ækv. i standardscenariet og 599 kr./ton CO₂-ækv. i scenariet med hyppig udslusning/køling. Ved en diskonteringsrente på 2 procent reduceres skyggeprisen til 1.124 kr./ton CO₂-ækv. i standardscenariet og 784 kr./ton CO₂-ækv. i scenariet med hyppig udslusning/køling. Øges diskonteringsrenten til 6 procent stiger skyggeprisen til 1.705 kr./ton CO₂-ækv. i standardscenariet, mens den stiger til 1.207 kr./ton CO₂-ækv. i scenariet med hyppig udslusning/køling.

Ændringer i skatteforvridningssatsen påvirker også skyggeprisen væsentligt. En reduktion af den generelle skatteforvridningssats fra 10 til 5 procent og en tilsvarende reduktion af den landbrugsspecifikke skatteforvridningssats fra 9 til 4,5 procent reducerer skyggeprisen i standardscenariet til 1.278 kr./ton CO₂-ækv. og til 894 kr./ton CO₂-ækv. i scenariet med hyppig udslusning/køling. En fordobling af skatteforvridningssatserne til hhv. 20 og 18 procent øger skyggeprisen til 1.650 kr./ton CO₂-ækv. i standardscenariet og til 1.172 kr./ton CO₂-ækv. i scenariet med hyppig udslusning/køling.

3.1.8. Referencer

Birkmose, T. (2017): personlig meddelelse, telefonsamtale af d. 23/2-2017, Torkild Birkmose, SEGES, tsb@seges.dk

Bundgaard, J. (2017): pers. medd. mail d. 20/2-2017, Jesper Bundgaard, NatureEnergy, , jeb@natureenergy.dk

Christensen, P. S., og E. S. Nielsen (2016): *Biogas og afgifter* (Præsentation). https://www.landbrugsinfo.dk/energi/biogas/sider/ov_16_3735_biogas_og_afgifter_2016.pdf

COWI (2013): *Business Case for Biogasanlæg med Afsætning til Naturgasnettet*. Biogas Taskforce. Oktober 2013. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/business_case_for_biogasanlaeg_med_afsaetning_til_naturgasnettet-09_10_13.pdf

- DCA (2016): *Miljøteknologier i det primære jordbrug – driftsøkonomi og effektivitet*. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2016. 76 p. https://naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tilskud/Projekttilskud/Landdistrikter/Miljoeteknologi_2016/DCA_rapport_2016_Sektor_1_3_version_24feb2016_rev_31-05-2016.pdf
- DGC (2009): *Øget produktion og anvendelse af biogas i Danmark. Rammebetingelser og tekniske forudsætninger*. Notat. 11.5.2009. http://www.dgc.dk/sites/default/files/filer/publikationer/R0906_oeget_produktion_biogas.pdf
- DTU (2016): *Transportøkonomiske enhedsomkostninger* (regneark). <http://www.modelcenter.transport.dtu.dk/Noegletal/Transportoekonomiske-Enhedspriser>
- Dubgaard, A., Laugesen, F. M., Ståhl, L., Bang, J. R., Schou, E., Jacobsen, B. H., Ørum, J. E. & Jensen, J. D.: *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. 305 s. (IFRO Rapport; Nr. 221), aug. 2013 Frederiksberg. http://curis.ku.dk/ws/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf
- EA Energianalyse (2014): *Anvendelse af biogas til el- og varmeproduktion*. Analyser for Biogas Taskforce, 31.01.2014 https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/anvendelse_af_biogas_til_el_og_varme_2.pdf
- Energinet (2010): *Lokal anvendelse af biogas kontra opgradering til naturgassystemet. En samfundsøkonomisk analyse*. August 2010. <http://osp.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Gas/Lokal%20anvendelse%20af%20biogas%20kontro%20opgradering%20til%20Naturgassystemet.pdf>
- Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018): *Beregningsmetode til samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler til brug for opnåelse af EU-2030-mål uden for kvotesektor* (Udkast, version 19. januar, 2018)
- Energistyrelsen (2016a): *Effekt af biogasproduktion på drivhusgasser*, notat d. 4. oktober 2016
- Energistyrelsen (2017a): *Energiafgrøder til biogas*. <https://ens.dk/ansvarsomraader/bioenergi/energiafgrøder-til-biogas>
- Energistyrelsen (2017b): *Brændselspriser 2017* (regneark) af d. 5. maj 2017. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsoekonomiske-analysemetoder>
- Energistyrelsen (2017c): *Støtte til biogas*. <https://ens.dk/ansvarsomraader/bioenergi/stoette-til-biogas>
- Fødevarerministeriet (2008): *Landbrug og Klima - Analyse af landbrugets virkemidler til reduction af drivhusgasser og de økonomiske konsekvenser*. Fødevarerministeriet, december 2008. http://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/FVM.dk/Dokumenter/ServiceMenu/Publikationer/Landbrug_og_klima.pdf
- Harder, B. (2017): pers. medd. mail. d. 4/7-2017, Bodil Harder, Energistyrelsen (bha@ens.dk)

- Hjort-Gregersen, K. (2015): *Udvikling og effektivisering af biogasproduktionen i Danmark. Økonomi – nøgletal og benchmark*. Energistyrelsens Biogas Taskforce. Delrapport 2.
- Jacobsen, B. H. (2017): *Beregning af kvælstofskyggepris med udgangspunkt i Fødevarer- og Landbrugspakken* 27 s., apr. 24, 2017. (IFRO Udredning; Nr. 2017/08). http://static-curis.ku.dk/portal/files/179405531/IFRO_Udredning_2017_08.pdf
- Jacobsen, B.H. og L. Ståhl (2018): *Economic analysis of the ammonia regulation in Denmark in relation to the Habitat Directive*, (IFRO Report: Nr. 274) Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. https://curis.ku.dk/ws/files/196883260/IFRO_Report_274.pdf
- Jacobsen, B. H., Laugesen, F. M., Dubgaard, A., & Bojesen, M. (2013). *Biogasproduktion i Danmark – Vurderinger af drifts- og samfundsøkonomi*. Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 220). https://naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Indsatsomraader/Biooekonomi/IFRO_rapport_220.pdf
- Jensen, T.K. (2009): *Biogas til nettet*. DGC. Projektrapport. Maj 2009. http://www.dgc.dk/sites/default/files/filer/publikationer/R0904_biogas_til_netnet.pdf
- Landbrugs- og Fiskeristyrelsen (2017): Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2017 til 31. juli 2018, 3. revision, august 2017. http://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Goedningsregnskab/Vejledning_om_goedsknings-og_harmoniregler_3_2017_2018.pdf
- Lemvig Biogas (2016): *Grundlæggende viden*, <http://www.lemvigbiogas.com/viden.htm>
- Miljøstyrelsen (2010): *Separering af gylle ved skruepresser*. Teknologiblad. <https://www2.mst.dk/Wiki/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Gyllesepareringskruepres-ser.pdf>
- Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009): Grove estimater over administrative omkostninger knyttet til FOI's forslag til klimatiltag i landbruget. Upubliceret notat.
- Nielsen, L.H. (2002): *Samfundsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg – med tekniske og selskabsøkonomiske baggrundsanalyser*. Fødevarerøkonomisk Institut, rapport nr. 136. http://curis.ku.dk/ws/files/127936669/FOI_Rapport_136.pdf
- Niras (2012): *Faktaark Biogas – Notat. Gård og Fælles Biogasanlæg*. Juli 2012 http://osp.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Gas/F%C3%B8lgende_notat_faktaark_fi-nal.pdf
- OECD/FAO (2016), “OECD-FAO Agricultural Outlook”, *OECD Agriculture statistics* (database). <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>
- Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. og Lassen, J. (2018): *Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser*. DCA Rapport (under udarbejdelse).
- Olesen, J.E. (2017): personlig meddelelse, mail af d. 11/9-2017, Jørgen E. Olesen, DCA (jeo@agro.au.dk)

Petersen, S.O, Andersen, A.J., Eriksen, J. (2012): Effects of cattle slurry acidification on ammonia and methane evolution during storage, J Environ Qual. 2012 Jan-Feb;41(1):88-94.

<http://dx.doi.org/10.2134/jeq2011.0184>

SEGES (2016): *Budgetkalkuler* (2011, 2012, 2013, 2014, 2015). <https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx>

SEGES (2017): Klimaberegninger på landbrugsområdet. Faglige bemærkninger fra SEGES til IFRO's beregninger på klimaområdet, 30. oktober 2017. Ikke-publiceret notat.

SKAT (2014): *Afgift på biogas mv. fra 1. januar 2015*. <http://skat.dk/SKAT.aspx?oId=2168612>

SKAT (2017): *Fradrag for energiafgifter*. <http://www.skat.dk/SKAT.aspx?oId=2234584>

Skatteministeriet (2017a): *CO₂-afgiftsloven*. <http://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser/co2-afgiftsloven>

Skatteministeriet (2017b): *Gasafgiftsloven*. <http://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser/gasafgiftsloven>

Skatteministeriet (2017c): *Kvælstofoxiderafgiftsloven (NO_x)*. <http://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser/kvaelstofoxiderafgiftsloven-nox>

Skatteministeriet (2017d): *Indeksering af energiafgifter*. <http://www.skm.dk/skattetal/beregning/afgiftsberegning/indeksering-af-energiafgifter>

Strandmark, L. (2017): personlig meddelelse mails d. 17/3-2017 og d. 21/4-2017, Lisbeth Strandmark, Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (lst@efkm.dk)

3.2. Forsuring af gylle i stalden

3.2.1. Beskrivelse af virkemiddel

Indhold og omfang

Formålet med gylleforsuring er primært at reducere ammoniakfordampningen fra stald og lager, men forsuring medfører også en reduktion af metan- og lattergasemissionerne (Olesen et al., 2018). Forsuring sker overvejende ved anvendelse af svovlsyre.

Gylleforsuringstiltaget forudsættes implementeret gennem regelstyring i form af krav om forsuring af gylle, medmindre gyllen anvendes i biogasproduktion. Tiltaget er begrænset til krav om gylleforsuring i nybyggede eller udvidede kvæg- og svinestalde, hvor gyllen ikke anvendes i biogasproduktion. Det skyldes, at etablering af forsuringsanlæg i eksisterende stalde sandsynligvis vil være forbundet med større omkostninger, og i mange tilfælde formentlig vil være økonomisk uinteressant. Ifølge virksamheden JH Agro kan det dog være relevant at etablere forsuringsanlæg i nogle eksisterende stalde afhængigt af gyllesystemets indretning. Det er typisk sket i forbindelse med en udvidelse af eksisterende staldanlæg (pers. komm. Ken Hyldgaard, JH Agro A/S). Der er imidlertid ikke tilstrækkeligt videngrundlag til at analysere de økonomiske aspekter af etablering af forsuringsanlæg i sådanne stalde.

Det forudsættes, at implementeringen af forsuringstiltaget foregår over en periode på ti år, startende i 2020 og med de sidste investeringer i 2029, således at det fulde gyllepotentiale bliver forsuret fra 2030. Beregningerne er opdelt på kvæg- og svinegylle, der vil kunne reguleres hver for sig. Tiltaget omfatter ikke økologisk husdyrproduktion, da økologireglerne ikke tillader forsuring af gylle med svovlsyre.¹⁸

Den forudsatte regulering betyder således, at der ved nybyggeri og staldudvidelser skal vælges mellem afgangning eller forsuring af den producerede gyllemængde. Som det fremgår af biogasscenariet, forventes afgangning at kunne give de deltagende landmænd en (mindre) økonomisk gevinst. I områder, hvor det er realistisk at etablere biogassælesanlæg, må det derfor antages, at dette alternativ vil være det foretrukne for husdyrproducenter, som ellers vil være stillet over for krav om at forsure gyllen. Transport af gylle til og fra biogasanlæg udgør en væsentlig del af omkostningerne ved biogasproduktion. Det må derfor forventes, at gylle til afgangning overvejende vil blive leveret fra områder med høj husdyrintensitet, mens forsuring af gylle må forventes at især foregå i områder med lavere husdyrintensitet. Det forudsatte omfang af afgangning og forsuring fremgår af biogasscenariet (tabel 3.2.1). Fordelingen af den relevante gyllemængde mellem de to tiltag er baseret på skøn og derfor forbundet med usikkerhed.

¹⁸ Bioforsuring med sukkerholdige materialer vil evt. kunne anvendes på økologiske bedrifter til reduktion af ammoniakfordampningen (Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet <http://scitech.au.dk/roemer/feb15/bruger-du-sukker-i-gyllen/> og SEGES https://www.landbrugsinfo.dk/Oekologi/biogas/Sider/Bioforsuring_af_gylle_forside.aspx). Men bioforsuring med sukkerholdige materialer kan ikke umiddelbart erstatte svovlsyre som virkemiddel til reduktion af metan, da en del af den metanreducerende effekt kan skyldes dannelse af sulfit i gyllen efter svovlsyretilsætning (Petersen et al., 2012). Der mangler endnu dokumentation for effekten af bioforsuring på metanudledning fra gylle.

I baselinefremskrivningen antages det, at 3,4 mio. ton svine- og kvæggylle vil blive forsuret i 2030, svarende til 9 procent af kvæg- og svinegyllemængden på dette tidspunkt og omkring 8 procent af den samlede gyllemængde (Olesen et al., 2018). Tiltaget forudsætter, at denne mængde øges med 6,6 mio. ton, således at yderligere ca. 17 procent¹⁹ af kvæg- og svinegyllemængden bliver forsuret i 2030. Samlet svarer det til 24 procent af den samlede gyllemængde. I alt forventes ca. 88 procent af al gylle at blive afgasset eller forsuret som følge af virkemidlerne og baselineudviklingen (op. cit.). De resterende 12 procent vil ikke undergå en klimarelevant behandling ifølge disse forudsætninger. Det forudsatte, relativt høje, behandlingspotentiale skal ses i sammenhæng med, at strukturudviklingen må forventes at medføre en (væsentlig) reduktion i antallet af mindre husdyrbedrifter med gylleanlæg i den forudsatte implementeringsperiode 2020-29. Det vil give mulighed for at behandle en større andel af den samlede gyllemængde uden stigende enhedsomkostninger.

Da forsuring af gylle hæmmer metanproduktion, er der potentielt en konflikt imellem gylleforsuring og tiltaget biogasbehandling af gylle (Olesen et al., 2018). Der kan iblandes en vis mængde svovlholdig biomasse, uden at det påvirker biogasproduktionen negativt, men der vil være behov for svovlrensning af biogassen, hvilket repræsenterer en ekstraomkostning. Det vurderes på den baggrund, at det ikke er hensigtsmæssigt at anvende forsuret gylle i biogasanlæg. Staldforsuring og afgasning udelukker derfor hinanden i opgørelsen af potentialerne for de to tiltag, således at den gyllemængde, der er forsuret, ikke anvendes til biogasproduktion (op. cit.).

Det forudsættes som i Rapport 221 af Dubgaard et al. (2013), at de gennemsnitlige staldstørrelser i implementeringsperioden vil være 250 DE for kvægbedrifter og 500 DE for svinebedrifter. Antagelserne indebærer, at tiltaget vil føre til etablering af forsuringsanlæg i stalden på 666 kvægbedrifter og 315 svinebedrifter frem til og med 2029.

Udvikling i gyllemængder

DCE har leveret en fremskrivning af gyllemængderne for de relevante dyrekategorier: søer, smågrise, slagtesvin og kvæg. Potentialer for yderligere staldforsuring af gylle, der også afhænger af fornyelsen af staldkapaciteten, er vurderet af Olesen et al. (2018). Fremskrivningen af gyllemængderne og potentialerne for bioafgasning og forsuring er nærmere beskrevet i biogasscenariet.

Da økologireglerne ikke tillader forsuring af gylle med svovlsyre, er det nødvendigt at trække den økologiske andel af gyllemængden fra den totale mængde gylle. DCE's fremskrivning af gylleproduktionen skelner imidlertid ikke mellem gylle fra konventionelle og økologiske bedrifter. En opdeling er foretaget under nedenstående antagelser.

Det antages, at der alene er behov for at opdele gylleproduktionen i kvægholdet, da gyllemængden fra andre økologiske husdyr inklusive svin er – og også fremover forventes at være – ret beskeden i forhold til de konventionelle mængder (Olesen et al., 2018). Det skyldes bl.a. økologireglernes krav om, at søer og smågrise skal holdes på friland, hvor der ikke er mulighed for opsamling af gødning og urin. Økologisk malkekvæg forudsættes at udgøre 25 procent af malkekvægbestanden i 2030, og det antages, at gyllemængden følger samme fordeling (personlig meddelelse Troels Kristensen, DCA,

¹⁹17 procent af svine- og kvæggyllemængden alene svarer til 16 procent af den samlede gyllemængde i Danmark.

2017). Ifølge fremskrivningen vil den samlede kvæggylleproduktion være på knap 22 mio. ton i 2030, hvoraf 75 procent som nævnt forventes at være konventionel gylle. Potentialet for yderligere forsuring er opgjort til 3,4 mio. ton, svarende til 20 procent af den konventionelle kvæggylle.

Som det fremgår af tabel 3.2.1, udgør den fremskrevne mængde kvæg- og svinegylle 39,9 mio. ton i 2030, hvoraf 34,9 mio. ton er konventionel gylle. Som det også fremgår af tabellen, er det samlede potentiale for staldforsuring af svine- og kvæggylle opgjort til 6,6 mio. ton, hvilket svarer til knap 17 procent af den totale gylleproduktion i 2030 og knap 20 procent af den konventionelle gyllemængde. Forsuringspotentialet er fordelt på 3,2 mio. ton svinegylle og 3,4 mio. ton kvæggylle. Som forklaret ovenfor er det gyllemængden i 2030 og fornyelsen af staldkapaciteten i analyseperioden, der bestemmer, hvor mange staldforsuringsanlæg der skal etableres årligt fra 2020 til 2029.

Baselinefremskrivningen forudsætter, at 9 procent af den totale gyllemængde vil blive forsuret i stalden i 2030, uden yderligere tiltag til forøgelse af forsuringsomfanget. Det svarer til 3,4 mio. ton. Tiltaget forventes dermed at øge den forsurede gyllemængde til i alt 10 mio. ton, svarende til 25 procent af den samlede gylleproduktion i 2030. Til sammenligning blev omtrent 1,3 mio. ton gylle forsuret i stalden i 2016, svarende til ca. 3,5 procent af gyllemængden

Tabel 3.2.1 Nuværende samt fremskrevne gyllemængder fra svin og kvæg og potentiale for yderligere staldforsuring i kraft af virkemidlet

	Enhed	Søer	Smågrise >7kg	Slagte- svin	Svin i alt	Kvæg	I alt, svin og kvæg
Gyllemængde i baseline, 2015	1.000 ton	5.779	4.039	10.571	20.390	16.505	36.895
Gyllemængde i baseline, 2021	1.000 ton	5.263	3.940	10.067	19.270	18.846	38.116
Gyllemængde i baseline, 2030	1.000 ton	4.236	4.041	9.845	18.122	21.762	39.884
Beregnet konventionel gyllemængde i baseline, 2030	1.000 ton	4.236 ¹⁾	4.041 ¹⁾	9.845 ¹⁾	18.122 ¹⁾	16.799	34.921
Staldforsuret mængde som følge af virkemiddel, 2021	1.000 ton	57	71	192	320	342	662
Staldforsuret mængde som følge af virkemiddel, 2030	1.000 ton	572	707	1.920	3.199	3.417	6.616
Staldforsuret andel som følge af virkemiddel, 2030	%	14 %	17 %	19 %	18 %	16 %	17 %
Staldforsuret mængde i baseline, 2030	1.000 ton	127	283	492	902	2.497	3.399
Staldforsuret andel, baseline, 2030	%	3 %	7 %	5 %	5 %	11 %	9 %
Staldforsuret mængde i alt, virkemiddel og baseline, 2030	1.000 ton	699	990	2.412	4.101	5.914	10.015
Staldforsuret andel, virkemiddel og baseline, 2030	%	17 %	24 %	24 %	23 %	27 %	

¹⁾ Det antages, at 100 procent af svinegyllen er konventionel

Kilde: Olesen et al. (2018), pers. medd. Jørgen E. Olesen (2017), pers. medd. Troels Kristensen (2017) samt egne beregninger

Implementeringsinstrument

En reduktion af drivhusgasudledningerne fra husdyrgødning vil kunne opnås ved bioafgasning såvel som forsuring. En afgift på husdyrgødning, der ikke gennemgår en af disse behandlinger, ville i princippet være et omkostningseffektivt implementeringsinstrument. Beregningsmæssigt er det imidlertid vanskeligt at knytte en afgift på ubehandlet husdyrgødning til de enkelte behandlingstiltag, hhv. bioafgasning og forsuring.

Dertil kommer, at afgifteregulering ville være problematisk i relation til økologisk jordbrug, hvor gylleforsuring med svovlsyre ikke er tilladt. Her ville en afgift ikke fungere som et reguleringsinstrument, men alene som en skat på den økologiske husdyrproduktion. Det ville være i strid med ideen bag anvendelsen af økonomiske implementeringsmidler. Principielt kunne den økologiske produktion fritages for afgiften, men Skatteministeriet har oplyst, at en afgift på konventionel, men ikke på økologisk husdyrproduktion, formentlig vil være i strid med EU-regler.

Det forudsættes derfor, at implementering af gylleforsuringstiltaget sker ved regelstyring i form af et krav om, at der skal foretages forsuring i alle nybyggede eller udvidede konventionelle kvæg- og svinestalde, medmindre gyllen anvendes i biogasproduktion eller for svinegyllens vedkommende køles. Tiltaget antages som tidligere nævnt at øge den forsurede gyllemængde med 6,6 mio. ton i 2030 i forhold til den forsurede mængde i baseline.

Konsekvenser

Konsekvenserne af gylleforsuringstiltaget fremgår af tabel 3.2.2. Det forudsættes, at virkemidlet vil føre til staldforsuring af 17 procent af den samlede kvæg- og svinegyllumængde i 2030, ud over hvad der forsures i baseline. Ifølge beregningerne vil det give en reduktion i udledningen af metan fra den svovlsyrebehandlede gyllemængde på 60 procent (Olesen et al., 2018). Ydermere reducerer forsuringen udledningen af lattergas, mens et behov for ekstra kalktilførsel giver en forøgelse af CO₂-udledningen fra marken ifm. omdannelse af kalken (op. cit.). Sidstnævnte effekter indgik ikke i IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013), men er nu inkluderet som følge af ny viden. Gylleforsuring er udviklet som middel til at reducere ammoniakfordampningen fra gylle. Den reducerede ammoniakfordampning indgår som en væsentlig sideeffekt i nærværende sammenhæng.

Forbruget af svovlsyre til forsuring giver ikke anledning til nogen nævneværdig forøgelse af drivhusgasudledningen her i landet, da svovlsyre ikke produceres i større omfang i Danmark (Danmarks Statistik, Industriens salg af egne varer). Drivhusgasudledninger i forbindelse med produktion af svovlsyre i udlandet indgår ikke i beregningerne, da Danmarks reduktionsforpligtelser bygger på territorialprincippet, hvor kun udledninger på dansk territorium skal medtages.

Der forudsættes en årlig etablering af 67 anlæg på kvægbedrifter og 32 på svinebedrifter i perioden 2020-29. Det forventes, at anlæggene har en levetid på 15 år (Miljøstyrelsen, 2011). Den fulde effekt af tiltaget vil, som nævnt ovenfor, blive opnået i 2030.

Landbruget vil have samlede annuiserede nettoomkostninger ved tiltaget på 108 mio. kr. i beregningsperioden. Staten vil få en merindtægt i form af øgede afgiftsbetalinger pga. øget elforbrug i landbruget. Det er derudover beregnet, at staten vil have annuiserede omkostninger på 0,8 mio. kr. til

administration af tiltaget. Denne beregning er baseret på en opgørelse foretaget af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009). Opgørelsen er forbundet med betydelig usikkerhed.

Tabel 3.2.2. Konsekvensskema for forsurening i stalden af yderligere 17 procent af mængden af kvæg- og svinegylle i forhold til baseline

	Enhed	Tidspunkt	Omfang				
			Svin i alt				Kvæg
							I alt
Omfang	1.000 ton gylle	2030	3.199				3.417
Årlig staldetablering	Stk./år	2020-2029	32				67
Annuiserede driftsøk. nettoomkostninger, landbrug	Mio. kr.	Årligt	59				50
Annuiserede budgetøk. nettoomkostninger, stat	Mio. kr.	Årligt	0,3				0,4
			Søer	Små-grise	Slagte-svin	Svin i alt	Kvæg
Reduktion af metan	Kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	37,35	37,35	37,35	37,35	11,55
Reduktion af lattergas	Kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	5,23	5,12	6,90	6,21	4,39
CO ₂ fra øget kalktilførsel	Kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	-3,20	-2,26	-4,19	-3,58	-1,83
Drivhusgasreduktioner, i alt ikke-kvotesektor	Kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	39,38	40,21	40,07	39,98	14,11
Øget udledning ved elforbrug, kvotesektor	Kg CO ₂ -ækv./ton gylle	Årligt	0,54	0,54	0,54	0,54	0,12
Reduceret ammoniakfordampning	Kg NH ₃ -N/ton gylle	Årligt	0,56	0,55	0,74	0,66	0,47

1) Skyldes afrunding

Kilde: Olesen et al. (2018), pers. medd. Peter Kai/DCA (2016), samt egne beregninger

Bidrag til målopfyldelse

Tiltagets effekter på metanudledninger er dokumenterede, men effekterne skal bekræftes vha. monitorering i praksis, før de kan indgå i den nationale emissionsopgørelse (Olesen et al., 2018; pers. medd. Søren O. Petersen/DCA, 2017). Et monitoreringsprogram vil medføre omkostninger for staten, men der foreligger ved denne rapports udarbejdelse ikke et estimat for disse.

Tidshorisont

Tiltaget kræver forsureningsteknologi, som antages etableret ved byggeri eller udvidelse af nye stalde. Derfor antages det, at teknologien ikke er i drift i anlægsåret. Driftsomkostninger samt drivhusgas- og sideeffekter optræder således først året efter investeringen er foretaget. For at opnå en drivhusgas-effekt i 2021, tager beregningerne derfor udgangspunkt i, at de første forsøringsanlæg bliver etableret i 2020. Tidsstien for tiltaget betyder, at der årligt etableres i alt 99 anlæg fra og med 2020 til og med 2029. Den fulde effekt ved tiltaget opnås derfor i 2030.

Barrierer

Der er ikke identificeret særlige barrierer med hensyn til implementeringen af tiltaget, da teknologien er kendt og ville kunne administreres under de nuværende regler for anvendelse af bedst kendte miljøteknologi. Dog kræves det, som ovenfor nævnt, at der implementeres et monitoringsprogram for at kunne dokumentere effekterne i praksis.

Overlap og synergieffekter

Hvis gyllen skal bruges til biogasproduktion efter forsuring, vil der være et ekstra indhold af svovl i biogassen, som kræver svovlrensning på biogasanlæggene, hvilket medfører ekstraomkostninger. Det forudsættes derfor, at forsuret gylle ikke anvendes til biogasproduktion, og gyllemængderne i dette tiltag indgår således ikke i potentialet for afgangning i biogasberegningerne, eller i potentialet for køling af svinegylle som går til biogas (Olesen et al., 2018). Potentialet for yderligere afgangning er bl.a. vurderet ud fra, at der geografisk skal være tilstrækkelige mængder husdyrgødning til at forsyne hvert biogassællsanlæg inden for en acceptabel transportafstand. Hvor der er lav husdyrtæthed, vil forsuring være et mere realistisk alternativ.

3.2.2. Opgørelse af klimaeffekter

Datagrundlag

Emissionsdata er baseret på Olesen et al. (2018).

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren

Opsummerende kan det nævnes, at gylleforsuring reducerer udledningen af metan og lattergas, mens der sker en (mindre) forøgelse af CO₂-udledningen som følge af et behov for øget tilførsel af jordbrugskalk, når der udbringes forsuret gylle. Metanreduktionen ved staldforsuring er opgjort til 37,4 kg CO₂-ækv. per ton svinegylle og 11,6 kg CO₂-ækv. per ton kvæggylle. Forsuringen vil derudover reducere lattergasemissionerne med hhv. 5,2, 5,1 og 6,9 kg CO₂-ækv. per ton so-, smågrise- og slagtesvinegylle, mens effekten for kvæg er opgjort til 4,4 CO₂-ækv. per ton gylle (Olesen et al. 2018). På grund af den lave pH i forsuret gylle er der behov for at tilføre jorden mere kalk (op. cit.). Dette øger udledningen af CO₂ fra marken med hhv. 87, 78, 113 kg CO₂-ækv./ha for so-, smågrise- og slagtesvinegylle og 64 kg CO₂-ækv./ha for kvæggylle (op. cit.). Ved de forudsatte bedriftsstørrelser og gyllemængder, svarer dette til 3,2, 2,3 og 4,2 kg CO₂-ækv. per ton so-, smågrise- og slagtesvinegylle. For kvæggylle øges udledningen med 1,8 kg CO₂-ækv. per ton.

De beregnede drivhusgaseffekter af tiltaget ses i tabel 3.2.3-3.2.5, hvor tabel 3.2.3 og 3.2.4 viser effekterne for hhv. svine- og kvæggylle, mens tabel 3.2.5 viser de samlede effekter. Som tidligere nævnt forudsættes det, at tiltaget vil medføre staldforsuring af 18 procent af svinegyllemængden og 16 procent af kvæggyllemængden i 2030.

Tabel 3.2.3 viser, at det for svinegylle vil medføre en reduktion i metanudledningen på 119.000 ton CO₂-ækv. per år og en reduktion i lattergasudledningen på 20.000 ton CO₂-ækv. per år fra og med 2030. Behovet for øget anvendelse af jordbrugskalk medfører en forøgelse drivhusgasudledningerne med 11.500 ton CO₂-ækv. per år fra 2030. For svinegylle er der således beregnet en samlet udledningsreduktion på 128.000 ton CO₂-ækv., fra tiltaget er fuldt implementeret i 2030 og hvert år frem.

For kvæggylle viser tabel 3.2.4, at tiltaget vil betyde metanreduktioner på 39.500 ton CO₂-ækv. og lattergasreduktioner på 15.000 ton CO₂-ækv., mens udledningen fra ekstra jordbrugskalk øges med 6.300 ton CO₂-ækv. årligt fra 2030. Den samlede reduktion ved forsuring af kvæggylle er opgjort til 48.000 ton CO₂-ækv., når tiltaget er fuldt implementeret i 2030 og hvert år frem.

Tabel 3.2.5 viser det samlede reduktionspotentiale for både svin- og kvæggylle, når tiltaget er fuldt implementeret. Det er beregnet til 176.000 ton CO₂-ækv. per år.

Tabel 3.2.3. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline, svinegylle

	Drivhusgasser i alt med kulstofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kulstofbinding*	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	13	13	-1	12	2
2022	26	26	-2	24	4
2023	38	38	-3	36	6
2024	51	51	-5	48	8
2025	64	64	-6	60	10
2026	77	77	-7	72	12
2027	90	90	-8	84	14
2028	102	102	-9	96	16
2029	115	115	-10	108	18
2030	128	128	-11	119	20
2031	128	128	-11	119	20
2032	128	128	-11	119	20
2033	128	128	-11	119	20
2034	128	128	-11	119	20
2035	128	128	-11	119	20
2036	128	128	-11	119	20
2037	128	128	-11	119	20
2038	128	128	-11	119	20
2039	128	128	-11	119	20
2040	128	128	-11	119	20
2041	128	128	-11	119	20
2042	128	128	-11	119	20
2043	128	128	-11	119	20
2044	128	128	-11	119	20
2045	128	128	-11	119	20
2046	128	128	-11	119	20
2047	128	128	-11	119	20
2048	128	128	-11	119	20
2049	128	128	-11	119	20
2050	128	128	-11	119	20
Akkumuleret 2021-2030	703	703	-63	657	109
Gennemsnit 2021-2030	70	70	-6	66	11
Gennemsnit 2031-2050	128	128	-11	119	20

Kilde: Olesen et al. (2018), samt egne beregninger

Tabel 3.2.4. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline, kvæggylle

	Drivhusgasser i alt med kulstof- binding*	Drivhusgasser i alt uden kulstof- binding*	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	5	5	-1	4	2
2022	10	10	-1	8	3
2023	14	14	-2	12	5
2024	19	19	-3	16	6
2025	24	24	-3	20	8
2026	29	29	-4	24	9
2027	34	34	-4	28	11
2028	39	39	-5	32	12
2029	43	43	-6	36	14
2030	48	48	-6	39	15
2031	48	48	-6	39	15
2032	48	48	-6	39	15
2033	48	48	-6	39	15
2034	48	48	-6	39	15
2035	48	48	-6	39	15
2036	48	48	-6	39	15
2037	48	48	-6	39	15
2038	48	48	-6	39	15
2039	48	48	-6	39	15
2040	48	48	-6	39	15
2041	48	48	-6	39	15
2042	48	48	-6	39	15
2043	48	48	-6	39	15
2044	48	48	-6	39	15
2045	48	48	-6	39	15
2046	48	48	-6	39	15
2047	48	48	-6	39	15
2048	48	48	-6	39	15
2049	48	48	-6	39	15
2050	48	48	-6	39	15
Akkumuleret 2021- 2030	265	265	-34	217	83
Gennemsnit 2021- 2030	27	27	-3	22	8
Gennemsnit 2031- 2050	48	48	-6	39	15

Kilde: Olesen et al. (2018), samt egne beregninger

Tabel 3.2.5. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline, svine- og kvæggylle

	Drivhusgasser i alt med kulstofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kulstofbinding*	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	18	18	-2	16	3
2022	35	35	-4	32	7
2023	53	53	-5	48	10
2024	70	70	-7	64	14
2025	88	88	-9	79	17
2026	106	106	-11	95	21
2027	123	123	-12	111	24
2028	141	141	-14	127	28
2029	158	158	-16	143	31
2030	176	176	-18	159	35
2031	176	176	-18	159	35
2032	176	176	-18	159	35
2033	176	176	-18	159	35
2034	176	176	-18	159	35
2035	176	176	-18	159	35
2036	176	176	-18	159	35
2037	176	176	-18	159	35
2038	176	176	-18	159	35
2039	176	176	-18	159	35
2040	176	176	-18	159	35
2041	176	176	-18	159	35
2042	176	176	-18	159	35
2043	176	176	-18	159	35
2044	176	176	-18	159	35
2045	176	176	-18	159	35
2046	176	176	-18	159	35
2047	176	176	-18	159	35
2048	176	176	-18	159	35
2049	176	176	-18	159	35
2050	176	176	-18	159	35
Akkumuleret 2021-2030	968	968	-98	874	192
Gennemsnit 2021-2030	97	97	-10	87	19
Gennemsnit 2031-2050	176	176	-18	159	35

Kilde: Olesen et al. (2018), samt egne beregninger

Usikkerheder

Olesen et al. (2018) angiver, at selvom effekterne af gylleforsuring på metanudledningerne er dokumenteret i laboratorie- og pilotskalaforøg, er det stadigvæk nødvendigt, at de bekræftes i praksis, før effekterne kan indgå i den nationale emissionsopgørelse. Der knytter sig endvidere usikkerhed til opgørelsen af lattergasreduktionerne, der er beregnet under forudsætning af, at landmanden tager højde for det øgede ammoniakindhold i gyllen og reducerer anvendelsen af handelsgødningsskvælstof tilsvarende. Endvidere knytter der sig usikkerhed til fremskrivningen af de gyllemængder, som forventes omfattet af tiltaget.

Opgørelse af sideeffekter

Emissioner til luft

- **SO₂**

Tiltaget kræver øget brug af elektricitet til drift af forsøringsanlæggene. Den øgede udledning af SO₂ er beregnet til 0,6 ton for svinegylle og 0,1 ton for kvæggylle i 2030, når tiltaget er fuldt implementeret. Samlet øges SO₂-udledningen således med 0,7 ton i 2030 og frem.

- **NO_x**

Forbruget af elektricitet øger også udledningen af NO_x. Forøgelsen er beregnet til 1,8 ton for svinegylle og 0,4 ton for kvæggylle. Samlet set øges udledningen af NO_x med 2,2 ton ved tiltagets fulde implementering i 2030 og frem.

- **PM_{2,5}**

Mht. partikler medfører det øgede elforbrug en merudledning af PM_{2,5} på 42 kg for svinegylle og 10 kg for kvæggylle og samlet 52 kg ved tiltagets fulde implementering i 2030 og frem.

Forsuringen kræver et højere elforbrug per ton svinegylle end per ton kvæggylle, hvilket indebærer at ovenstående sideeffekter er højere per ton svinegylle end for kvæggylle.

- **Ammoniak**

Forsuring i stalden vil reducere ammoniakudledningen fra so-, smågrise- og slagtesvinegylle med hhv. 0,56, 0,55 og 0,74 kg N/ton gylle og 0,47 kg N/ton kvæggylle (Olesen et al., 2018). Dette giver reduktioner i ammoniakudledningen på i alt omtrent 2.100 ton N fra svinegylle samt 1.600 ton fra kvæggylle i 2030 og frem. Den samlede ammoniakreduktion er således 3.700 ton/år, når tiltaget er fuldt implementeret.

- **Drivhusgasser**

Der skelnes i beregningerne mellem drivhusgasudledninger i kvote- og ikke-kvotesektoren. Kun ændringer i drivhusgasudledninger i ikke-kvotesektoren indgår som fysiske enheder i CO₂-skyggeprisbrøkens nævner (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Produktion af el foregår i kvotesektoren og indgår derfor ikke som fysiske enheder i beregningen af CO₂-skyggeprisen, men opgøres i stedet separat. Ifølge Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets (2018) beregningsforudsætninger udleder 1 kWh produceret el mellem 185-306 g CO₂-ækv./kWh i perioden 2021-2030. Ved anvendelse af denne emission for det øgede elforbrug i analyseperioden, er det beregnet, at der udledes knap 2.700 ton CO₂-ækv. i kvotesektoren i 2030 og frem.

Emissioner til vandmiljøet

- Kvælstof fra rodzonen

Det forudsættes i beregningerne, at landmanden gødske optimalt og dermed reducerer kvælstoftilførslen i handelsgødning svarende til den øgede kvælstoftilførsel gennem gyllen som følge af mindre ammoniaktab. Derfor er der ikke beregnet ændringer i udvaskningen af kvælstof fra marken (Olesen et al., 2018).

- Svovl og fosfor

Risiko for øgede udledninger af fosfor ved anvendelse af forsuret gylle, da sulfat ifølge Olesen et al. (2018) teoretisk set kan mobilisere fosfor i vådområder og sedimentter. Effekterne er dog ikke kvantificerede og indgår derfor ikke i nærværende beregninger.

Usikkerheder

Der knytter sig usikkerhed til antagelsen om uændret kvælstofudvaskning, idet den er baseret på en forudsætning om, at landmanden tager højde for det øgede N-indhold i gyllen og reducerer brugen af handelsgødning tilsvarende. Endvidere er der usikkerhed med hensyn til en eventuel fosformobilisering i vandmiljøet.

3.2.3. Budgetøkonomiske effekter

Berørte aktører

Tiltaget berører konventionelle svine- og kvægbedrifter, som må afholde ekstra omkostninger ved forsuringen. Økologer må ikke forsure gylle med svovlsyre og bliver dermed ikke berørt af tiltaget. Staten vil have administrationsudgifter i forbindelse med tiltaget, men også øgede afgiftsindtægter pga. et øget elforbrug i landbruget.

Opgørelse af budgetøkonomi

De samlede investeringer og driftsomkostninger ved tiltaget ses i tabel 3.2.7 og 3.2.8 for henholdsvis svin og kvæg. Investerings-, og vedligeholdelseskostningerne, elforbrug, udgift til flydelag samt værdi af svovltilførsel er baseret på baggrundsdata og -beregninger lavet af DCA i forbindelse med rapporten *Miljøteknologier i det primære jordbrug - driftsøkonomi og miljøeffektivitet* (2016) fremsendt som regneark (pers. medd., Peter Kai/DCA, 2016) og fremskrevet til 2017-priser. Ifølge dette materiale vil investeringsudgiften for et gylleforsuringsanlæg i stalden beløbe sig til i gennemsnit 1.373.000 kr. på svinebedrifter med 500 DE og 662.000 kr. på kvægbedrifter med 250 DE. Der vil med de forudsatte besætningsstørrelser være 9.700 ton gylle per so- hhv. slagtesvinebesætning, 12.400 ton per smågrisebesætning samt 5.100 ton per kvægbesætning (pers. medd., Peter Kai/DCA, 2016). Det antages, at anlægget har en levetid på 15 år (Miljøstyrelsen, 2011).

Omkostningerne ved gylleforsuring omfatter vedligeholdelse, el-, kalk- og svovlsyreforbrug samt udgift til flydelag på kvægbedrifterne. Udgifter til vedligehold og arbejdstid er på baggrund af Kai (pers. medd., 2016) samt senest tilgængelige timesats fra SEGES (2017a) opgjort til 27.600 kr./søbedrift, 29.100 kr./smågrisebedrift samt slagtesvinebedrift og 18.300 kr./kvægbedrift.

Ifølge Miljøstyrelsens teknologiliste kan forsuring erstatte flydelag.²⁰ Bedrifter placeret tæt på ammoniakfølsom natur (kategori 1 og 2) eller bebyggelse skal dog ifølge Husdyrbekendtgørelsen og Husdyrvejledningen have fast overdækning på gyllebeholdere. Forsuring kan ikke anvendes i stedet for fast overdækning ved beliggenhed tæt på ammoniakfølsom natur.²¹ Andelen af husdyrbedrifter tæt på ammoniakfølsom natur er opgjort til i størrelsesordenen 5 procent (Jacobsen og Ståhl, 2018). I det følgende antages det, at 5 procent af hhv. kvæg- og svinebedrifterne omfattet af forsuringstiltaget ligger tæt på ammoniakfølsom natur og derfor fortsat skal etablere fast overdækning, selvom de forsuret. De bedrifter, der ikke antages at ligge tæt på natur, dvs. 95 procent af hhv. kvæg og svinebedrifterne i tiltaget, kan til gengæld spare udgifterne til flydelag, når de forsurer.

Kvæggylle danner af sig selv et naturligt flydelag, og der vil normalt ikke være ekstraudgifter til dette i modsætning til svinegylle, som ikke selv danner flydelag. For svinebedrifterne er der derfor indregnet en besparelse for 95 procent af bedrifterne, idet disse ifølge antagelsen ikke ligger tæt på ammoniakfølsom natur og således ikke behøver at etablere flydelag, når gyllen er forsuret. I Miljøstyrelsens økonomiske forudsætninger for overdækning, er den sparede omkostning til flydelag opgjort til 15.200 kr. for en sobedrift på 500 DE og 20.400 kr. for en smågrisebedrift med 500 DE. Det antages, at en slagtesvinebedrift på 500 DE vil have en besparelse på 15.200 kr. svarende til besparelsen på sobedrifter, idet gyllemængderne er på niveau med hinanden.

Svovlsyreforbruget er opgjort til i gennemsnit 5,7 kg per ton kvæggylle. For svinegylle er svovlsyreforbruget betydeligt højere. So-, smågrise og slagtesvinegylle kræver i gennemsnit hhv. 9,6, 8,7 og 12,6 kg svovlsyre per ton gylle (Olesen et al., 2018). Svovlsyre koster i gennemsnit 1,1 kr./kg (pers. medd. Morten Toft/Biocover, 2016; Kurt West/JH Staldservice, 2016). De samlede omkostninger til svovlsyre er således i gennemsnit 102.000 kr. på sobedrifter, 118.000 kr. på smågrisebedrifter og 133.000 kr. på slagtesvinebedrifter. For kvægbedrifter er omkostningen opgjort til 32.000 kr.

Det er nødvendigt at tilføre ekstra kalk for at neutralisere effekten af syren på de arealer, hvor den forsurede gylle udbringes. Hertil kræves 197 kg jordbrugskalk per hektar på sobedrifter, 178 kg/ha for smågrisebedrifter, 257 kg/ha på slagtesvinebedrifter samt 145 kg/ha kvægbedrifter (Olesen et al., 2018). Til en pris på i gennemsnit 20,3 øre/kg jordbrugskalk (pers. med. Stig Jeppesen/Danish Agro, 2016; Jens Søndergård/Dankalk, 2016) og en udbringningsomkostning på 7,3 øre/kg (SEGES, 2017b) giver det en årlig meromkostning på 19.400 kr./sobedrift, 18.000 kr./smågrisebedrift, 25.000 kr./slagtesvinebedrift og 5.900 kr./kvægbedrift.

Iflg. Peter Kai/DCA (2016) er elforbruget ved forsuring på svinebedrifterne 2,2 kWh/ton gylle og 0,5 kWh/ton gylle på kvægbedrifterne. På sobedrifter er det samlede elforbrug således 21.300 kWh/år, på smågrisebedrifter 27.200 kWh/år, på slagtesvinebedrifter 21.200 kWh/år, mens det på kvægbedrifterne er 2.600 kWh/år. Elprisen er fremskrevet i Energistyrelsens basisfremskrivning 2017 for beregningsperioden og er opgjort inklusive nødvendig PSO (Energistyrelsen, 2017). Energistyrelsen

²⁰ <http://mst.dk/erhverv/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/gaa-til-teknologilisten/staldindretning/>

²¹ <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=192157> og <http://husdyrvejledning.mst.dk/vejledning-til-bekendtgørelserne/husdyrgoednings-bekendtgørelsen/8-opbevaring-af-flydende-husdyrgoedning-mv/#20>

har fremskrevet den nødvendige (og samlede) PSO til 2035 (pers. medd. Søren Lyng Ebbenhøj, Energistyrelsen, 2016). Da PSO-afgiften bliver afskaffet fra og med 2023,²² fratrækkes el-prisen i Energistyrelsen (2017a) den nødvendige PSO fra og med 2023. Derudover betaler landbruget elafgift, men får dog ifølge Skat godtgjort størstedelen af denne, hvis den anvendes til procesformål²³. Omkostningerne til elektricitet i 2030 er på denne baggrund beregnet til knap 11.400 kr. på sobedrifterne, 14.600 kr. på smågrisebedrifterne og knap 11.400 kr. på slagtesvinebedrifterne. For kvægbedrifterne er omkostningerne beregnet til knap 1.400 kr., hvilket skal ses i sammenhæng med den mindre besætningsstørrelse samt lavere elforbrug ved forsuring af kvæggylle.

Forsuring øger kvælstofindholdet i gyllen svarende til den reducerede ammoniakfordampning. På bedrifter af de forudsatte størrelser og med en udnyttelse af ammoniak-N i gyllen på 100 procent (pers. medd. Søren O. Petersen, DCA, 2016), øges nettotilførslen af kvælstof på årsbasis med 5,4 ton på sobedrifter, 6,8 ton på smågrisebedrifter, 7,1 ton på slagtesvinebedrifter og 2,4 ton på kvægbedrifter. Værdien af N er opgjort på grundlag af SEGES' budgetkalkulers (2016) gennemsnitspris på handelsgødningskvælstof i 2011-2015. Prisen på kvælstof er fremskrevet til 2021 og derefter til 2025 vha. OECD's/FAO's fremskrivning af gødningspriser i Agricultural Outlook (2016). Fremskrivningen giver en værdi af N på 7,0 kr./kg i 2030. Under antagelse om, at landmænd tager højde for det øgede kvælstofindhold i gyllen, giver dette en besparelse på indkøbt kvælstofgødning svarende til ca. 38.100 kr. på per sobedrift, 48.700 kr. på smågrisebedrifter, 50.100 på slagtesvinebedrifter samt 16.900 på kvægbedrifter i 2030.

Anvendelse af forsuret gylle giver mulighed for en besparelse på tilførslen af S-gødning svarende til gennemsnitligt 22 kg S per ha, men lokalt vil potentialet variere som følge af sædskifte, dyretæthed og jordbundsforhold (Olesen et al., 2018). Med en svovlpris på 2,5 kr./kg (pers. medd. Peter Kai, DCA, 2016) og en (formentlig optimistisk) antagelse om en planteudnyttelse på 100 procent, svarer den årlige besparelse ved den øgede svovltilførsel gennem gylle til knap 20.000 kr. per svinebedrift og 8.200 kr. per kvægbedrift²⁴. Den samlede gødningsværdi af øget kvælstof og svovl i gyllen er beregnet til knap 58.000 kr./sobedrift, 67.400 kr./smågrisebedrift, knap 70.000 kr./slagtesvinebedrift og 25.100 kr./kvægbedrift i 2030.

Tabel 3.2.6 viser de samlede budgetøkonomiske omkostninger ved tiltaget. Som det ses, vil landbruget have samlede nettoomkostninger ved forsuring af svine- og kvæggylle i stalden på knap 1,9 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til en annuieret omkostning på 108 mio. kr.

Tabel 3.2.7 viser de budgetøkonomiske omkostninger ved forsuring af svinegylle. De beregnede annuierede driftsomkostninger ved dette tiltag er 59 mio. kr. og nutidsværdien 1,0 mia. kr. Nettoom-

²² <https://www.energinet.dk/El/Tariffer/PSO>

²³ <http://www.skat.dk/SKAT.aspx?oID=2062204&chk=212649>

²⁴ Forudsættes der i stedet – som regneeksempel – en udnyttelse på 50 %, så øges driftsudgiften med lidt under 1 krone per ton gylle, mens CO₂-skyggeprisen for svinegylle ændres fra -150 til -116 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og fra 811 til 846 kr./ton CO₂-ækv. eksklusive sideeffekter. For kvæggylle ændres CO₂-skyggeprisen fra -99 til -18 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og fra 1.828 til 1.909 kr./ton CO₂-ækv eksklusive sideeffekter.

kostningerne ved forsuring af svinegylle er opgjort til 22,8 kr./ton gylle (beregnet som de diskonterede omkostninger divideret med den diskonterede gyllemængde), hvilket er på niveau med Rapport 221 af Dubgaard et al. (2013) (her 23,4 kr./ton i 2017-kr.).

Som det ses af tabel 3.2.8, er de annuiserede driftsøkonomiske nettoomkostninger ved forsuring af kvæggylle opgjort til 50 mio. kr. Nutidsværdien af de samlede omkostninger ved forsuring af kvæggylle 858 mio. kr. Omkostningerne ved forsuring af kvæggylle er, som tidligere beskrevet, noget lavere end for svinegylle pga. det lavere forbrug af svovlsyre. Nettoomkostningerne ved forsuring af kvæggylle er opgjort til 18,8 kr./ton gylle (beregnet som de diskonterede omkostninger divideret med den diskonterede gyllemængde). Denne omkostning var i Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) opgjort til 19,4 kr./ton (2017-priser) og omkostningerne er således på omtrent samme niveau.

Svovlsyre tegner sig for 40 procent af driftsomkostningerne på svinebedrifterne og 27 procent på kvægbedrifterne, hvorfor estimatet er ret følsomt over for ændringer i svovlsyrepriserne. Der udføres derfor til sidst i kapitlet en følsomhedsanalyse af skyggeprisen ved hhv. en stigning og et fald i prisen på 50 procent.

Som det ses af tabel 3.1.9, er nutidsværdien af statens nettoudgifter ved tiltaget 13 mio. kr., svarende til 0,8 mio. kr. annuiseret. Statens udgifter til administration af tiltaget er opgjort til 0,8 mio. kr. annuiseret over beregningsperioden. Omkostningsopgørelsen er baseret på et estimat for administration af en afgiftsordning for forsuring som klimavirkemiddel foretaget Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009). Estimatet er forbundet med betydelig usikkerhed. Derudover vil staten modtage øgede indtægter gennem energiafgiften (og PSO i 2021-22) på det øgede elforbrug som kræves til forsuring, svarende til 1,0 mio. kr. i nutidsværdi og 0,06 mio. kr. annuiseret.

Tabel 3.2.6. Budgetøkonomiske omkostninger for berørte aktørgrupper, 2017-priser, 30-årig periode

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	0	0
2020	2,9	0
2021	0,5	14
2022	0,3	28
2023	0,6	42
2024	0,6	56
2025	0,6	69
2026	0,6	83
2027	0,6	97
2028	0,6	111
2029	0,6	125
2030	0,6	139
2031	0,6	140
2032	0,6	140
2033	0,6	140
2034	0,6	140
2035	0,6	140
2036	0,6	140
2037	0,6	140
2038	0,6	140
2039	0,6	140
2040	0,6	140
2041	0,6	140
2042	0,6	140
2043	0,6	140
2044	0,6	140
2045	0,6	140
2046	0,6	140
2047	0,6	140
2048	0,6	140
2049	0,6	140
2050	0,6	140
Netto nutidsværdi for perioden 2021-2030*	7	585
Netto nutidsværdi for perioden 2021-2050*	13	1.871
Annuitet for perioden 2021-2030*	0,9	72
Annuitet for perioden 2021-2050*	0,8	108

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.2.7. Budgetøkonomiske omkostninger for svinebedrifter i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	D&V, syre, el og kalk	Produktionstab	Produktionsindtægter	Besparelser på gødning og flydelag	Elafgift og PSO	Tilskud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0
2020	43	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0
2021	43	4	6	0	0	-2	0,16	0	0	8
2022	43	8	12	0	0	-5	0,33	0	0	15
2023	43	12	18	0	0	-7	0,01	0	0	22
2024	43	16	24	0	0	-9	0,01	0	0	30
2025	43	19	29	0	0	-11	0,01	0	0	37
2026	43	23	35	0	0	-14	0,02	0	0	45
2027	43	27	41	0	0	-16	0,02	0	0	53
2028	43	31	47	0	0	-18	0,02	0	0	60
2029	43	35	53	0	0	-21	0,03	0	0	68
2030	0	39	59	0	0	-23	0,03	0	0	75
2031	0	39	59	0	0	-23	0,03	0	0	75
2032	0	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2033	0	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2034	0	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2035	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2036	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2037	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2038	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2039	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2040	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2041	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2042	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2043	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2044	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2045	0	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2046	0	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2047	0	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2048	0	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2049	0	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
2050	43	39	60	0	0	-23	0,03	0	0	76
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	163	248	0	0	-96	0,57	0	0	316
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	520	798	0	0	-306	0,83	0	0	1.013
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	20	31	0	0	-12	0,07	0	0	39
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	30	46	0	0	-18	0,05	0	0	59

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.2.8. Budgetøkonomiske omkostninger for kvægbedrifter i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	D&V, syre, el og kalk	Produktionstab	Produktionsindtægter	Besparelser på handelsgødning	Elafgift og PSO	Tilskud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0
2020	44	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0
2021	44	4	4	0	0	-1	0,04	0	0	6
2022	44	8	8	0	0	-3	0,08	0	0	13
2023	44	12	11	0	0	-4	0,00	0	0	19
2024	44	16	15	0	0	-6	0,00	0	0	26
2025	44	20	19	0	0	-7	0,00	0	0	32
2026	44	24	23	0	0	-8	0,00	0	0	38
2027	44	28	27	0	0	-10	0,00	0	0	45
2028	44	32	31	0	0	-11	0,01	0	0	51
2029	44	36	35	0	0	-13	0,01	0	0	58
2030	0	40	38	0	0	-14	0,01	0	0	64
2031	0	40	38	0	0	-14	0,01	0	0	64
2032	0	40	38	0	0	-14	0,01	0	0	64
2033	0	40	38	0	0	-14	0,01	0	0	64
2034	0	40	38	0	0	-14	0,01	0	0	64
2035	44	40	38	0	0	-14	0,01	0	0	64
2036	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2037	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2038	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2039	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2040	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2041	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2042	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2043	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2044	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2045	0	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2046	0	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2047	0	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2048	0	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2049	0	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
2050	44	40	39	0	0	-14	0,01	0	0	64
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	166	161	0	0	-59	0,14	0	0	269
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	530	515	0	0	-187	0,20	0	0	858
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	21	20	0	0	-7	0,02	0	0	33
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	31	30	0	0	-11	0,01	0	0	50

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.2.9. Budgetøkonomiske omkostninger for staten i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Stat (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	D&V	Administration	Tilskudsudgift	Besparelser	Elafgift og PSO	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00
2020	0	0	0	2,93	0	0	0	0	2,93
2021	0	0	0	0,66	0	0	-0,20	0	0,45
2022	0	0	0	0,66	0	0	-0,40	0	0,25
2023	0	0	0	0,66	0	0	-0,01	0	0,65
2024	0	0	0	0,66	0	0	-0,01	0	0,64
2025	0	0	0	0,66	0	0	-0,02	0	0,64
2026	0	0	0	0,66	0	0	-0,02	0	0,63
2027	0	0	0	0,66	0	0	-0,02	0	0,63
2028	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,63
2029	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2030	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2031	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2032	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2033	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2034	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2035	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2036	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2037	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2038	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2039	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2040	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2041	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2042	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2043	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2044	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2045	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2046	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2047	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2048	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2049	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
2050	0	0	0	0,66	0	0	-0,03	0	0,62
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	0	8,25	0	0	-0,87	0	7,38
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	0	14,27	0	0	-1,19	0	13,08
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	0	1,02	0	0	-0,11	0	0,91
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	0	0,83	0	0	-0,07	0	0,76

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne ifm. beregning af de budgetøkonomiske omkostninger knytter sig primært til frem-skrivningen af gyllemængderne i beregningsperioden samt de forudsatte priser på div. input, herunder ikke mindst prisen på svovlsyre. Der er endvidere usikkerhed om, hvorvidt det øgede kvælstofindhold i den forsurede gylle vil føre til proportionale besparelser på indkøbt handelsgødning. Undersøgelser udført af SEGES viser, at der kan ske sedimentering af organisk materiale i gyllekanaler med forsuret gylle (svovlsyre). Sedimenteringen går ud over forsurelseffektiviteten.²⁵ Der har ikke været data-grundlag for at inddrage denne problemstilling i de økonomiske beregninger.

3.2.4. Velfærdsøkonomiske effekter

Værdi af sideeffekter, der kan prissættes

Den reducerede ammoniakfordampning fra svine- og kvæggylle er opgjort til hhv. 2.100 hhv. 1.600 ton årligt fra 2030. Den samfundsøkonomiske skyggepris på reduceret ammoniakudledning er fastsat til 58 kr./kg N (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Den samfundsmæssige værdi af reduktionen svarer dermed til 123 mio. kr. årligt for svinebedrifter og 93 mio. kr. for kvægbedrifter. Det giver en samlet årlig samfundsøkonomisk gevinst på 216 mio. kr. når tiltaget er fuldt implemen-teret i 2030.

Det øgede elforbrug giver øgede udledninger af SO₂, NO_x og partikler (PM_{2,5}). For disse udledninger findes der opgørelser af de samfundsmæssige skadesomkostninger. Skadesomkostningen ved udled-ning af SO₂ er fastsat til 31 kr./kg (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018), og de samfunds-økonomiske omkostninger ved den øgede udledning af SO₂ er beregnet til 0,02 mio. kr. i alt i 2030 og frem. Med en skadesomkostning for NO_x på 17 kr./kg (op. cit.) er de samfundsøkonomiske om-kostninger ved den øgede NO_x-udledning beregnet til 0,04 mio. kr. Skadesomkostningen ved udled-ning af partikler er 97 kr./kg PM_{2,5} (op. cit.), og det samfundsøkonomiske tab ved den øgede udled-ning er beregnet til knap 5.100 kr. i 2030 og frem. Skadesomkostningerne ved det øgede elforbrug er således ret beskedne.

De totale samfundsøkonomiske gevinster ved sideeffekterne er beregnet til 123 mio. kr. for svinebe-drifter og 93 mio. kr. for kvægbedrifter i 2030 og frem. For tiltaget som helhed er der tale om gevinster på 216 mio. kr. i 2030 og hvert år derefter. Nutidsværdien af de samlede sideeffekter er beregnet til en gevinst på knap 2,9 mia. kr., svarende til en annuieret værdi på 167 mio. kr.

Opgørelse af forvridningseffekter

Som det fremgår af de driftsøkonomiske beregninger, opvejes omkostningerne ved gylleforsuring ikke af fordelene i form af større gødningsværdi af gyllen. I de samfundsøkonomiske beregninger indgår der et skatteforvridningstab af landbrugets meromkostninger ved tiltaget. Dette tab beregnes

²⁵ https://www.landbrugsinfo.dk/Byggeri/Stalde/Kvaegstalde/Sider/KV-Bundfald-i-gyllekanaler-med-rundskyl-og-forsuring-08-12-16_4049.pdf

som 9 procent af meromkostningerne for landbruget opgjort i faktorpriser inklusive øgede afgiftsbetalinger gennem det øgede elforbrug (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Tabet er opgjort til hhv. 91 mio. kr. og 77 mio. kr. i nutidsværdi for svin og kvæg og 168 mio. kr. i alt for tiltaget.

Derudover indregnes et skatteforvridningstab på 10 procent (Finansministeriet, 2017) plus NAF af statens administrationsomkostninger ved tiltaget. Forvridningstabet er beregnet til 1,9 mio. kr. i nutidsværdi for tiltaget.

Opgørelse af velfærdsøkonomi

Landbrugets driftsøkonomiske omkostninger forøget med NAF indgår i de velfærdsøkonomiske omkostninger med undtagelse af afgiftsbetalinger. Det samme gælder statens administrationsudgifter, som også forøges med NAF. Derudover indgår det ovennævnte forvridningstab pga. øgede omkostninger i landbruget samt skatteforvridningseffekten af statens øgede udgifter til administration af tiltaget. Med hensyn til sideeffekter indgår skadesomkostningerne af de øgede udledninger af SO₂, NO_x samt partikler i beregningerne. Ydermere indgår den samfundsmæssige værdi af den reducerede ammoniakfordampning som en gevinst i beregningerne.

Resultaterne af de samfundsøkonomiske beregninger fremgår af tabel 3.2.10-12, hvor tabel 3.2.10 og 3.2.11 viser resultaterne for hhv. svine- og kvæggylle, mens tabel 3.2.12 omfatter det samlede tiltag. Som det fremgår af tabel 3.2.12, giver det samlede tiltag en samfundsøkonomisk gevinst på 68 mio. kr. i nutidsværdi, når sideeffekter medregnes. Gevinsten skyldes, at værdien af den reducerede ammoniakfordampning overstiger de resterende samfundsøkonomiske omkostninger ved tiltaget inklusive negative sideeffekter såsom NO_x-udledning. Tabel 3.2.10 og 3.2.11 viser, at dette primært skyldes svinegyllen, hvor der er en samfundsøkonomisk gevinst ved staldforsuring på 64 mio. kr. i nutidsværdi, mens der for kvæggylle er tale om en gevinst på 4 mio. kr. i nutidsværdi.

Uden sideeffekterne vil der være samfundsøkonomiske nettoomkostninger på 2,7 mia. kr. i nutidsværdi for tiltaget som helhed. Dette er fordelt med 1,4 mia. kr. for svinebedrifter og 1,2 mia. kr. for kvægbedrifter.

De samlede diskonterede drivhusgasreduktioner er beregnet til 2,4 mio. ton fordelt på 1,7 mio. ton for svinebedrifterne og 0,6 mio. ton for kvægbedrifterne.

Som det ses af tabel 3.2.10, er der en samfundsøkonomisk gevinst ved forsuring af svinegylle i form af en negativ CO₂-skyggepris på 118 kr./ton CO₂-ækv., når værdien af sideeffekter medregnes. Uden værdien af sideeffekter er forsuring af svinegylle forbundet med samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger på 843 kr./ton CO₂-ækv. Tabel 3.2.11 viser de samfundsøkonomiske omkostninger ved forsuring af kvæggylle. Her er CO₂-skyggeprisen beregnet til minus 28 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og 1.899 kr./ton CO₂-ækv. eksklusive sideeffekter. Den samlede CO₂-skyggepris for kvæg- og svinegylle er beregnet til minus 94 kr./ton CO₂-ækv., når sideeffekterne medregnes, og 1.132 kr./ton CO₂-ækv. uden sideeffekter.

Beregningerne viser således, at forsuring af svinegylle er mere fordelagtig end forsuring af kvæggylle, men begge typer gylle resulterer i negative skyggepriser når sideeffekter medregnes. Begge tiltag fremstår derfor som særdeles fordelagtige ud fra en samfundsøkonomisk synsvinkel, når værdien af

reduceret ammoniakforurening medtages. Uden denne sideeffekt stiger CO₂-skyggeprisen til 843-1.899 kr./ton CO₂-ækv. for hhv. svine- og kvæggylle.

CO₂-skyggepriserne for svinegylle var i Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) opgjort til minus 516 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og 1.211 kr./ton CO₂-ækv. eksklusive sideeffekter (i begge tilfælde opgjort 2017-kr.). Skyggepriserne for kvæggylle var opgjort til minus 374 kr. /ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og 1.569 kr./ton CO₂-ækv. eksklusive sideeffekter (2017-kr.). Ændringerne i forhold til de nuværende beregninger skyldes primært en opjustering af den krævede mængde svovlsyre samt nedjustering af det generelle og landbrugsspecifikke skatteforvridningstab. Endvidere er der forskellige ændringer i opgørelsen af reduktionspotentialerne. De nuværende beregninger inkluderer således udledningerne fra øget anvendelse af jordbrugskalk. Derudover er metanreduktionspotentiallet for svinegylle opjusteret fra 29,2 til 37,4 kg CO₂-ækv./ton, mens det er nedjusteret for kvæggylle fra 18,8 til 11,6 kg CO₂-ækv./ton. Lattergasreduktioner var ikke medregnet i Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013), og disse bidrager med 6,2 og 4,4 kg CO₂-ækv./ton for hhv. svine- og kvæggylle.

Tabel 3.2.10. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser ved forsuring af svinegylle, 30-årig periode

Velfærds- Økonomi	Af- skriv- ninger	D&V, syre, el og kalk	Admin- istration	Sparet handels- gødning	Værdi af side- effekte r	Forvridning af statens admini- strationsomkost- ninger samt landbrugets mer- omkostninger	Velfærds- økono-miske omkostnin- ger i alt	Reduktion af drivhus- gasser inkl. kulstof-bin- ding**	Reduktion af drivhus- gasser ekskl. kul- stof-bin- ding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	2	0	0	0	2	0	0
2021	5	8	0	-3	-12	1	-1	13	13
2022	10	16	0	-6	-25	1	-3	26	26
2023	15	23	0	-9	-37	2	-5	38	38
2024	21	31	0	-12	-49	3	-6	51	51
2025	26	39	0	-15	-61	3	-8	64	64
2026	31	47	0	-18	-74	4	-10	77	77
2027	36	55	0	-21	-86	5	-11	90	90
2028	41	63	0	-24	-98	5	-13	102	102
2029	46	71	0	-27	-111	6	-14	115	115
2030	52	79	0	-30	-123	7	-16	128	128
2031	52	79	0	-30	-123	7	-16	128	128
2032	52	79	0	-30	-123	7	-16	128	128
2033	52	79	0	-30	-123	7	-16	128	128
2034	52	79	0	-30	-123	7	-15	128	128
2035	52	79	0	-30	-123	7	-15	128	128
2036	52	79	0	-30	-123	7	-15	128	128
2037	52	79	0	-30	-123	7	-15	128	128
2038	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2039	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2040	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2041	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2042	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2043	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2044	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2045	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2046	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2047	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2048	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2049	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
2050	52	80	0	-30	-123	7	-15	128	128
Nutidsværdi for peri- oden 2021-2050	689	1.058	9	-406	-1.645	92	-203	1.711	1.711
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris med værdi af sideeffekter								-118	
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								843	

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.2.11. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser ved forsurening af kvæggylle, 30-årig periode

Velfærdsøkonomi	Af-skrivn-inger	D&V, syre, el og kalk	Admin-istra-tion	Sparet handels-gødning	Værdi af side-effekter	Forvridning af sta-tens administrati-onsomkostninger samt landbrugets meromkostninger	Velfærds-økonomi-ske om-kostninger i alt	Reduktion af drivhusgasser inkl. kulstof-binding**	Reduktion af drivhusgas-ser ekskl. kulstof-bin-ding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	2	0	0	0	2	0	0
2021	5	5	0	-2	-9	1	0	5	5
2022	11	10	0	-4	-19	1	0	10	10
2023	16	15	0	-6	-28	2	0	14	14
2024	21	20	0	-7	-37	2	0	19	19
2025	26	25	0	-9	-46	3	-1	24	24
2026	32	30	0	-11	-56	3	-1	29	29
2027	37	36	0	-13	-65	4	-1	34	34
2028	42	41	0	-15	-74	5	-1	39	39
2029	47	46	0	-17	-84	5	-2	43	43
2030	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2031	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2032	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2033	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2034	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2035	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2036	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2037	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2038	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2039	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2040	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2041	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2042	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2043	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2044	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2045	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2046	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2047	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2048	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2049	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
2050	53	51	0	-19	-93	6	-2	48	48
Nutidsværdi for perio-den 2021-2050	703	682	10	-248	-1.243	78	-18	645	645
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris med værdi af sideeffekter								-28	
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								1.899	

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.2.12. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser ved forsuring af svine- og kvæggylle, 30-årig periode

Velfærds- Økonomi	Afskriv- ninger	D&V, syre, el og kalk	Admin- istra- tion	Sparet han- delsgød- ning	Værdi af side- effekte r	Forvridning af sta- tens administrati- onsomkostninger samt landbrugets meromkostninger	Velfærds- økonomiske omkost-nin- ger i alt	Reduktion af drivhusgasser inkl. kulstof- binding**	Reduktion af driv- husgasser ekskl. kul- stof-bin- ding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	4	0	0	0	4	0	0
2021	10	13	1	-5	-22	1	-1	18	18
2022	21	26	1	-10	-43	3	-3	35	35
2023	31	39	1	-15	-65	4	-5	53	53
2024	42	52	1	-19	-86	5	-7	70	70
2025	52	64	1	-24	-108	6	-9	88	88
2026	62	77	1	-29	-130	8	-11	106	106
2027	73	90	1	-34	-151	9	-12	123	123
2028	83	103	1	-39	-173	10	-14	141	141
2029	94	116	1	-44	-194	11	-16	158	158
2030	104	130	1	-49	-216	13	-18	176	176
2031	104	130	1	-49	-216	13	-18	176	176
2032	104	130	1	-49	-216	13	-17	176	176
2033	104	130	1	-49	-216	13	-17	176	176
2034	104	130	1	-49	-216	13	-17	176	176
2035	104	130	1	-49	-216	13	-17	176	176
2036	104	130	1	-49	-216	13	-17	176	176
2037	104	130	1	-49	-216	13	-17	176	176
2038	104	131	1	-49	-216	13	-17	176	176
2039	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2040	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2041	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2042	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2043	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2044	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2045	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2046	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2047	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2048	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2049	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
2050	104	131	1	-49	-216	13	-16	176	176
Nutidsværdi for peri- oden 2021-2050	1.392	1.740	19	-654	-2.888	170	-221	2.356	2.356
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris med værdi af sideeffekter								-94	
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								1.132	

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Olesen et al. (2018) angiver, at selvom effekterne af gylleforsuring på metanudledningerne er dokumenteret, er det stadigvæk nødvendigt, at de bekræftes i praksis, før effekterne kan indgå i den nationale emissionsopgørelse. Der knytter sig endvidere usikkerhed til den benyttede antagelse om uændret kvælstofudvaskning samt til opgørelsen af lattergasreduktionerne, hvor begge dele afhænger af, at landmanden tager højde for det øgede ammoniakindhold i gyllen og reducerer anvendelsen af handelsgødningskvælstof tilsvarende. Endvidere knytter der sig usikkerhed til fremskrivningen af de gyllemængder, som forventes omfattet af tiltaget.

3.2.5. Følsomhedsanalyser

Udgifter til svovlsyre udgør hhv. 40 og 27 procent af driftsomkostningerne ved forsuring af svine- og kvæggylle. Der er foretaget en følsomhedsanalyse med hhv. 50 procent stigning og fald i svovlsyreprisen. Ved en 50 procents stigning i prisen på svovlsyre til 1,6 kr./kg stiger de driftsøkonomiske nettoomkostninger ved at forsure svinegylle til 28,7 kr./ton gylle i forhold til 22,8kr./ton gylle under den nuværende prisforudsætning på 1,1 kr./kg. Skyggeprisen bliver dermed 99 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter. For kvæggylle stiger nettoomkostningen til 21,9 kr./ton gylle i forhold til 18,8 kr./ton gylle ved 1,1 kr./kg svovlsyre. Skyggeprisen stiger dermed til 285 kr./ton CO₂-ækv. Den samlede skyggepris stiger fra at være en samfundsøkonomisk gevinst på 94 kr./ton CO₂-ækv. til en omkostning på 150 kr./ton CO₂-ækv.

Ved en halvering af svovlsyreprisen falder den driftsøkonomiske nettoomkostning ved forsuring af svinegylle til 16,9 kr./ton gylle, mens den samfundsøkonomiske gevinst øges til 336 kr./ton CO₂-ækv. De driftsøkonomiske omkostninger ved at forsure kvæggylle falder til 15,7kr./ton gylle, mens der vil være en samfundsøkonomisk gevinst på 341 kr./ton CO₂-ækv. Den samlede CO₂-skyggepris stiger fra en gevinst på 94 kr./ton CO₂-ækv. til 337 kr./ton CO₂-ækv.

Samlet kan det konstateres, at CO₂-skyggepriserne stadig vil være forholdsvis lave, selvom svovlsyreprisen stiger med 50 procent.

Tabel 3.2.13. Resultater af følsomhedsanalyser

	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050
	Kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning, svin	-118
Svovlsyrepris +50 %	99
Svovlsyrepris -50 %	-336
Basisberegning, kvæg	-28
Svovlsyrepris +50 %	285
Svovlsyrepris -50 %	-341
Basisberegning, samlet	-94
Svovlsyrepris +50 %	150
Svovlsyrepris -50 %	-337
Diskonteringsrate 0 %, samlet tiltag	-257
Diskonteringsrate 2 %, samlet tiltag	-179
Diskonteringsrate 6 %, samlet tiltag	-2
Skatteforvridningstab* 5 %/4,5 %	-130
Skatteforvridningstab* 20 %/18 %	-21

Kilde: Egne beregninger

3.2.6. Samlet vurdering

Reduktionspotentiale:

Gylleforsuring med svovlsyre reducerer udledningerne af metan og lattergas, mens der sker en (mindre) forøgelse af CO₂-udledningen fra markerne som følge af et behov for øget tilførsel af jordbrugs-kalk, når der udbringes forsuret gylle. Det forudsættes, at tiltaget implementeres gennem regelstyring, som kræver, at der fra 2020 skal foretages gylleforsuring i alle nybyggede stalde og tilbygninger til stalde bortset fra økologiske bedrifter, hvor det ikke er tilladt at anvende svovlsyre til forsuring af gylle, samt de bedrifter der sender gyllen til bioafgasning. Tiltaget forudsættes fuldt implementeret i 2030. Det er beregnet, at tiltaget vil medføre en forøgelse af gylleforsuringen svarende til 17 procent af den samlede gyllemængde i 2030 – fordelt på 18 procent af svinegylle og 16 procent af kvæggylle. Ifølge beregningerne vil tiltaget give en samlet reduktion i drivhusgasudledningerne på 176.000 ton CO₂-ækv. per år, når det er fuldt implementeret i 2030.

Den største reduktion opnås for svinegylle. Her opnås en samlet årlig udledningsreduktion på 128.000 ton CO₂-ækv. fra 2030 og frem. Reduktionen omfatter en nedgang i metanudledningen på 119.000 ton CO₂-ækv./år og en reduktion i lattergasudledningen på 20.000 ton CO₂-ækv./år, mens øget anvendelse af jordbrugskalk medfører en forøgelse af drivhusgasudledningerne med 11.500 ton CO₂-ækv. per år fra 2030.

Forsuring af kvæggylle har væsentlig mindre reduktionseffekt end forsuring af svinegylle. For kvæggylle er den samlede årlige reduktion opgjort til (kun) 48.000 ton CO₂-ækv. ved fuld implementering i 2030. Reduktionen omfatter metanreduktioner på 39.500 ton CO₂-ækv. og lattergasreduktioner på 15.000 ton CO₂-ækv., mens CO₂-udledningen fra ekstra jordbrugskalk er opgjort til 6.300 ton CO₂-ækv./år.

Budgetøkonomiske omkostninger:

Landbrugets samlede nettoomkostninger ved tiltaget er beregnet til annuiserede omkostninger på 108 mio. kr., svarende til 1,9 mia. kr. i nutidsværdi. For svinegylle alene er de annuiserede driftsomkostninger 59 mio. kr. og nutidsværdien 1,0 mia. kr., mens der for kvæggylle er tale om annuiserede omkostninger på 50 mio. kr. og en nutidsværdi på 858 mio. kr. Omkostningerne ved forsuring af kvæggylle er noget lavere end for svinegylle pga. det lavere forbrug af svovlsyre per ton gylle. Staten vil have udgifter til administration af tiltaget men også øgede afgiftsindtægter svarende til 0,8 mio. kr. annuiseret og en nutidsværdi på 13 mio. kr.

CO₂-skyggepriser:

Beregningerne af CO₂-skyggepriser viser en samfundsøkonomisk gevinst ved forsuring af svinegylle i form af en negativ CO₂-skyggepris på 118 kr./ton CO₂-ækv., når værdien af sideeffekter medregnes. Uden værdien af sideeffekter er tiltaget forbundet med samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger på 843 kr./ton CO₂-ækv. For kvæggylle er CO₂-skyggeprisen beregnet til minus 28 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og en omkostning på 1.899 kr./ton CO₂-ækv. eksklusive sideeffekter. For tiltaget som helhed er den samlede CO₂-skyggepris beregnet til minus 94 kr./ton CO₂-ækv., når sideeffekterne medregnes, og 1.132 kr./ton CO₂-ækv. uden sideeffekter. Beregningerne viser således, at forsuring af svinegylle er mere fordelagtig end forsuring af kvæggylle, men forsuring af begge typer gylle indebærer en samfundsøkonomisk gevinst, når sideeffekter indregnes. Begge tiltag fremstår

derfor særdeles fordelagtige ud fra en samfundsøkonomisk synsvinkel, når værdien af reduceret ammoniakforurening medtages. Uden denne sideeffekt stiger CO₂-skyggeprisen med i størrelsesordenen 840--1.900 kr./ton CO₂-ækv. for hhv. svine- og kvæggylle.

Usikkerheder:

Ifm. beregning af de budgetøkonomiske omkostninger knytter der sig usikkerheder til fremskrivningen af gyllemængderne i beregningsperioden samt de forudsatte priser på div. input, herunder ikke mindst prisen på svovlsyre. Der er endvidere usikkerhed om, hvorvidt det øgede kvælstofindhold i den forsurede gylle vil føre til proportionale besparelser på indkøbt handelsgødning.

Følsomhedsberegning:

Forbruget af svovlsyre repræsenterer en væsentlig del af omkostningerne ved gylleforsuring. En følsomhedsanalyse viser dog, at CO₂-skyggepriserne stadig vil være forholdsvis lave, selvom svovlsyreprisen stiger med 50 procent.

3.2.7. Referencer

Dubgaard, A., Laugesen, F. M., Ståhl, L., Bang, J. R., Schou, E., Jacobsen, B. H., Jensen, J. E. og Jensen, J. D. (2013). *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*. Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 221). http://static-curis.ku.dk/portal/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf

Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018): *Beregningsmetode til samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler til brug for opnåelse af EU-2030-mål uden for kvotesektor* (Udkast, version 19. januar, 2018)

Energistyrelsen (2017): *Brændselspriser 2017* (regneark) af d. 5. maj 2017. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsoekonomiske-analysemetoder>

Finansministeriet (2017): *Vejledning om samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger*. August 2017. Kan hentes hér: <https://www.fm.dk/publikationer/2017/vejledning-i-samfundsoekonomiske-konsekvensvurderinger>

Jacobsen, B.H. og L. Ståhl (2018): *Economic analysis of the ammonia regulation in Denmark in relation to the Habitat Directive*, (IFRO Report: Nr. 274) Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. https://curis.ku.dk/ws/files/196883260/IFRO_Report_274.pdf

Jeppesen, S. (2016): personlig meddelelse, mail d. 7/7-2016, Stig Jeppesen, Danish Agro, (stj@danishagro.dk)

Kai, P. (2016): personlig meddelelse, mail, regneark d. 5/12-2016, Peter Kai, DCA(Peter.Kai@eng.au.dk)

Kristensen, T. (2017): personlig meddelelse d. 30/5-2017 Troels Kristensen/DCA (troels.kristensen@agro.au.dk)

Miljøstyrelsen (2011): Forudsætninger for de økonomiske beregninger ved forsuring, malkekvæg, slagtesvin, søer og smågrise.

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009): Grove estimater over administrative omkostninger knyttet til FOI's forslag til klimatiltag i landbruget. Upubliceret notat.

OECD/FAO (2016), "OECD-FAO Agricultural Outlook", *OECD Agriculture statistics* (database). Kan hentes hér: <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>

Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. og Lassen, J. (2018): Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser. DCA Rapport (under udarbejdelse).

Petersen, S. O. (2017): personlig meddelelse, mail d. d. 30/1-2017 samt d. 18/7-2017, Søren O. Petersen (sop@agro.au.dk)

Petersen S.O, Andersen A.J., Eriksen J. (2012): Effects of cattle slurry acidification on ammonia and methane evolution during storage, *J Environ Qual.* 2012 Jan-Feb;41(1):88-94. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2011.0184>

SEGES (2017a): Timeaflønning 2016. <https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx?Farmtal=>

SEGES (2017b): Maskinomkostninger, Kalkspredning 2016. <https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx?Farmtal=11640>

SEGES (2016): Budgetkalkuler (2011-2015) for Salgsafgrøder. <https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx?Farmtal=11640>

Søndergård, J. (2016): personlig meddelelse, mail d. 12/9-2016, Jens Søndergård, Dankalk (jso@dankalk.dk)

Toft, M. (2016): personlig meddelelse, mail d. 11/9-2016, Morten Toft, BioCover , (mt@biocover.dk)

West, K. (2016): personlig meddelelse d. 13/12-2016, Kurt West, JH Staldservice , (kw@jhagro.com)

3.3. Fodring med øget fedt og kraftfoder, malkekøer

3.3.1. Beskrivelse af virkemiddel

Indhold og omfang

Ved ændringer i fodersammensætning til kvæg kan metanudledningen fra dyrenes vom reduceres. Med de kendte teknologier er en øget andel af kraftfoder, fedt og letfordøjeligt grovfoder i foderrationen til malkekøer det mest relevante tiltag til at reducere metanudledningen fra mælkeproduktionen (Olesen et al., 2018). For at forebygge sundhedsskadelige virkninger for forbrugerne forudsættes det, at tiltaget afgrænses til kun at omfatte plantefedtstoffer med en sundhedsmæssigt fordelagtig fedtsyresammensætning, som fedtstoffet i raps eller rapskager (Møller og Martinussen, 2009). Potentialer for tiltaget er, ud over de praktiske muligheder for at ændre fodersammensætning i besætningerne, vurderet ud fra at køernes sundhed og produkternes ernæringsværdi ikke forringes (Olesen et al., 2018).

Tiltaget forudsætter, at der fodres med mere rapsfrø, sojaskrå og byg. Også fodringen med majsensilage øges, og helsædsmajsensilage udskiftes delvist med kolbemajs. Andelen af rapskage, græsensilage og halm reduceres (Olesen et al., 2018).

Det er alene foderændringens effekter på metanudledning fra køernes fordøjelse, som indgår i potentialer for drivhusgasreduktioner. Tiltaget kan dog have afledte effekter, som er omtalt i afsnittet om konsekvenser nedenfor.

Som grundlag for beregningerne antages det, at fodersammensætningen ændres for hele den konventionelle malkekobestand (Olesen et al., 2018). Potentialer for økologisk kvæg betragtes som begrænset og indgår derfor ikke i beregningerne. Det skyldes bl.a., at økologiske køer, som skal på græs, i forvejen tildeles store mængder letfordøjeligt grovfoder samt praktiske vanskeligheder ved at tilsætte de forudsatte mængder fedt i rationen (op cit.). Derudover vil de forudsatte foderændringer være væsentligt dyrere for økologisk end for konventionelt kvæg som vist i IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013).

Udvikling i malkekobestanden

IFRO har stået for en fremskrivning af malkekobestanden, som også indgår i Energistyrelsens basisfremskrivning 2017, ved anvendelse af modellen AGMEMOD (Jensen, 2017). Ifølge fremskrivningen vil bestanden udgøre 612.000 malkekøer i 2030 mod 561.000 køer i 2015. AGMEMOD-fremskrivningen er ikke opdelt på økologisk og konventionelt malkekvæg. Fordelingen af bestanden på hhv. konventionelle og økologiske malkekøer er i beregningsperioden estimeret med udgangspunkt i den nuværende andel af økologiske malkekøer (NaturErhvervsstyrelsen, 2015) og den forventede andel af økologisk malkekvæg i 2030, der af Olesen et al. (2018) vurderes til at ville udgøre 25 procent af malkekobestanden til den tid. Den konventionelle malkekobestand er efter disse principper opgjort til 459.100 dyr i 2030. Bestandsudviklingen i perioden fra 2015 til 2030 er fremskrevet under en antagelse om, at bestandsændringen fra år til år sker med en konstant vækstrate. Efter 2030 holdes bestanden konstant.

Det beregnede antal konventionelle malkekøer fremgår af tabel 3.3.1 nedenfor. I 2021 er bestanden opgjort til 486.200 malkekøer og i 2030 til 459.068 malkekøer. Tiltaget omfatter alle konventionelle malkekøer, dvs. at fodersammensætningen forudsættes ændret for samtlige køer i tabel 3.3.1.

Tabel 3.3.1. Den beregnede udvikling i bestanden af konventionelle malkekøer, 2021-2030

	Enhed	Konv. malkekøer
Fremskrevet antal konventionelle malkekøer i 2021	stk.	486.225
Fremskrevet antal konventionelle malkekøer i 2030	stk.	459.068

Kilde: Jensen (2017), Olesen et al. (2018), NaturErhvervsstyrelsen (2015) samt egne beregninger

Implementeringsinstrument

Beregningerne viser, at det ikke er driftsøkonomisk fordelagtigt at øge andelen af kraftfoder, fedt og letfordøjeligt grovfoder i foderet til malkekøer. Tiltaget må derfor understøttes af et implementeringsinstrument.

Et muligt implementeringsinstrument er regelstyring i form af krav om anvendelse af en bestemt sammensætning af foderet per ko, dvs. et fast iblandingskrav for udvalgte fodermidler. Denne form for regulering er ufølsom over for varierende prisrelationer mellem forskellige fodermidler, og man kan derfor ikke regne med, at regelstyring i praksis vil kunne gennemføres til de forudberegnete omkostninger.

Anvendelse af økonomiske implementeringsmidler i form af afgifter eller tilskud vil derimod give mælkeproducenterne mulighed for at tilpasse fodersammensætningen i overensstemmelse med ændringer i prisrelationerne. Det vil give sikkerhed for, at omkostningerne ved tiltaget ikke overstiger den fastsatte afgifts- eller tilskudssats. Til gengæld vil anvendelse af økonomiske implementeringsinstrumenter give usikkerhed mht. implementeringsomfanget.

Et økonomisk implementeringsinstrument kunne være en afgift, som pålægges malkekøer, der ikke fodres i overensstemmelse med den forudsatte fodersammensætning. Et alternativt økonomisk implementeringsinstrument er tilskud til ændret fodersammensætning. Ud over de nævnte usikkerheder har implementeringsinstrumenterne forskellige fordelings effekter. Regelstyring og afgifter pålægger mælkeproducenterne øgede omkostninger, hvorimod et tilskud ville være uden omkostninger for mælkeproducenterne, men derimod påføre staten/skatteborgerne udgifter svarende til tilskudsbeløbet. Dertil kommer forvridningsomkostninger ifm. finansieringen af tilskuddet gennem øgede skatter.

Anvendelse af en afgift som implementeringsinstrument må betegnes som problematisk. Som nævnt vil det være urealistisk/relativt dyrt at gennemføre de forudsatte ændringer i fodersammensætningen i den økologiske mælkeproduktion. En afgift ville derfor ikke fungere som et reguleringsinstrument, men alene som en skat på den økologiske kvægproduktion. Det ville være i strid med ideen bag anvendelsen af økonomiske implementeringsmidler. Principielt kunne den økologiske produktion fritages for afgiften, men Skatteministeriet har oplyst, at en afgift på konventionelt kvæg, men ikke på økologisk kvæg, formentlig vil være i strid med EU-regler.

I nærværende beregninger forudsættes det derfor, at implementeringsinstrumentet er regelstyring i form af faste iblandingskrav for udvalgte fodermidler gældende for alle konventionelle malkekøer.

Anvendelse af regelstyring med kompensation for meromkostninger beskrives i en følsomhedsanalyse til sidst i kapitlet.

Konsekvenser

Konsekvenserne af virkemidlet under de angivne implementeringsforudsætninger fremgår af tabel 3.3.2. De ændrede foderplaner og potentialer er sammensat, således at der ikke forventes en påvirkning af produktionen (Olesen et al., 2018). Malkekvæg står for 2/3 af metanudledningen fra kvægproduktionen, og implementering af dette tiltag forventes at reducere udledningen af metan med 8 procent per ko, hvilket svarer til 345 kg CO₂-ækv. per ko i 2030. I IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) var reduktionen per ko opgjort til 394 kg CO₂-ækv./ko, dvs. 14 procent højere. Nedsættelsen af det forventede reduktionspotentiale skyldes nye forskningsresultater (Olesen et al., 2018).

Tiltaget kan have afledte drivhusgaseffekter. Den ændrede fodersammensætning reducerer metanudledningen fra kvægets fordøjelse, men metanudledningen fra gyllen kan til gengæld vokse som følge af den ændrede fodring (Olesen et al., 2018). Endvidere kan øget anvendelse af majs på bekostning af græs påvirke tiltagets drivhusgasreduktionspotentiale negativt gennem mindre kulstoflagring i marken (op. cit.). I nogle tilfælde vil de øgede udledninger kunne overstige reduktionsgevinsten fra kvægets fordøjelse. Den øgede udledning fra gyllen vil dog kunne undgås ved anvendelse af husdyrgødningen i biogasproduktion eller ved forsuring af gyllen (op. cit.). I nærværende beregninger er eventuelle afledte effekter i form af øget udledning fra gyllen (og grovfoderproduktionen) ikke medtaget. Det skyldes dels usikkerhed mht. til omfanget, dels at en væsentlig del af husdyrgødningsproduktionen fremover forventes at blive omfattet af metanreducerende tiltag som afgangning eller forsuring.

Som det fremgår af tabel 3.3.2, er landbrugets annuierede meromkostninger ved tiltaget beregnet til 105 mio. kr. Det er endvidere beregnet, at staten vil have annuierede omkostninger på 0,4 mio. kr. til administration af tiltaget. Denne beregning er baseret på en opgørelse foretaget af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009). Opgørelsen er forbundet med betydelig usikkerhed.

Tabel 3.3.2. Konsekvensskema for ændret fodersammensætning til konventionelle malkekøer

	Enhed	Periode	Effekt
Antal malkekøer tildelt ændret foder	stk.	2021	486.225
Antal malkekøer tildelt ændret foder	stk.	2030	459.068
Driftøkonomiske omkostninger, landbruget	mio. kr.	Årligt	105
Budgetøkonomiske omkostninger, staten	mio. kr.	Årligt	0,40
Reduktion af metan	ton CO ₂ -ækv./ko	2030	0,34

Kilde: Jensen (2017), Olesen et al. (2018), pers. medd. Jørgen E. Olesen (2017), NaturErhvervsstyrelsen (2015), m.fl. samt egne beregninger

Bidrag til målopfyldelse

Der er behov for yderligere verificering af klimaeffekten ved ændret fodersammensætning samt at udvikle dokumentationsmetoder for fodringspraksisser og en model af dette til den nationale opgørelse, før klimaeffekten vil kunne tælle med i Danmarks nationale emissionsopgørelse og derved

indgå i opfyldelse af nationale klimamål.

Tidshorisont

Da tiltaget ikke kræver investering i noget væsentligt omfang, antages det, at tiltaget implementeres fuldt ud fra 2021. Bestanden af konventionelle malkekøer falder i perioden 2021-2030 og dermed også det antal malkekøer, der får ændret foder. Bestanden holdes efter 2030 konstant.

Barrierer

Administration af tiltaget kræver, at der oprettes et kontrolsystem til registrering af foderforbruget i konventionelle kvægbesætninger fordelt på fodermidler. En stor del af foderet til besætningerne er hjemmeavlet, hvilket vanskeliggør kontrol.

Overlap og synergieffekter

Metanudledningen fra dyrenes fordøjelse reduceres ved tiltaget. Til gengæld kan metanindholdet i gyllen øges, når fodersammensætningen ændres. Der kan derfor være en synergieffekt med tiltagene for afgang, forsuring, overdækning og køling af gylle.

3.3.2. Opgørelse af klimaeffekter

Datagrundlag

Emissionsdata er baseret på Olesen et al. (2018) samt metanemissionsdata fra DCE-regneark (pers. medd. Jørgen E. Olesen, 2018).

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren

Tiltaget vil reducere metanudledningen fra konventionelle malkekøer med 0,32 ton CO₂-ækv./ko i 2021 og 0,34 CO₂-ækv./ko i 2030. Det svarer til en reduktion på 8 procent per ko.

Ved tiltagets implementering i 2021 vil dette svare til en reduktion af metanudledninger på i alt 157 tusind ton CO₂-ækv., mens reduktionen i 2030 og i årene derefter er beregnet til 158 tusind ton CO₂-ækv. Umiddelbart skulle man forvente, at reduktionspotentialet ville være aftagende pga. faldende kobestand. Denne udvikling opvejes dog af et stigende reduktionspotential per ko som følge af øget produktion og deraf afledt stigende foderforbrug.

Tabel 3.3.3. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline

	Drivhusgasser i alt med kul- stofbinding	Drivhusgasser i alt uden kul- stofbinding	CH ₄
	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ - ækv.
2021	157	157	157
2022	157	157	157
2023	157	157	157
2024	157	157	157
2025	158	158	158
2026	158	158	158
2027	158	158	158
2028	158	158	158
2029	158	158	158
2030	158	158	158
2031	158	158	158
2032	158	158	158
2033	158	158	158
2034	158	158	158
2035	158	158	158
2036	158	158	158
2037	158	158	158
2038	158	158	158
2039	158	158	158
2040	158	158	158
2041	158	158	158
2042	158	158	158
2043	158	158	158
2044	158	158	158
2045	158	158	158
2046	158	158	158
2047	158	158	158
2048	158	158	158
2049	158	158	158
2050	158	158	158
Akkumuleret 2021-2030	1.575	1.575	1.575
Gennemsnit 2021- 2030	158	158	158
Gennemsnit 2031- 2050	158	158	158

Kilde: Jensen (2017), pers. medd. Jørgen E. Olesen (2017)), Olesen et al. (2018) samt egne beregninger

Usikkerheder

Som nævnt under Indhold og omfang er det alene tiltagets effekter på metanudledninger fra køernes fordøjelse, som er indregnet i indeværende beregninger. Udledninger knyttet til øget metan i husdyrgødning samt udledninger ved ændret afgrødesammensætning i marken er ikke kvantificeret i Olesen et al. (2018) og dermed ikke indregnet i tiltagets drivhusgasreducerende potentiale. Tiltagets reduktionspotentiale er derfor forbundet med usikkerhed. En øget metanudledning fra gylle ville dog kunne modvirkes ved metanreducerende tiltag såsom forsuring eller afgasning. Derudover er der knyttet usikkerhed til fremskrivningen af kvægbestanden og dennes fordeling på konventionelle og økologiske dyr. Samlet giver det en betydelig usikkerhed om størrelsen af de forudsatte reduktioner.

Eventuelle drivhusgaseffekter ifm. foderproduktion nationalt og globalt

Tiltaget forudsætter en reduktion i forbruget af fodermidlerne halm, byg, rapskage og græsensilage, der erstattes af øgede mængder sojaskrå, rapsfrø og majsensilage med en større andel af kolbemajs. For grovfoderproduktionens vedkommende vil det medføre en reduktion af græsarealet og en forøgelse af majsarealet. Som tidligere nævnt må det forventes at medføre mindre kulstoflagring i marken, men effekten er ikke inddraget i beregningerne, da den ikke har været mulig at kvantificere (Olesen et al., 2018).

De omfattede kraftfodermidler i form af byg, sojaskrå, rapskager og rapsfrø er internationalt handlede landbrugsvarer. Principielt vil ændringerne på globalt plan betyde en marginal reduktion i produktion og forbrug af foderkorn og en marginal stigning i produktion og forbrug af sojaskrå og oliefrø. Hvad drivhusgasudledninger angår, må nettoeffekten af de afledte ændringer i afgrødesammensætningen antages at være ubetydelige.

På nationalt plan vil de forudsatte ændringer i kraftfoderforbruget give anledning til et (lidt) mindre forbrug og dermed en (lidt) større eksport af byg, som Danmark er nettoeksportør af, og en mindre eksport/større import af raps. Disse ændringer vil være ubetydelige i forhold til verdenshandelen med disse produkter, og kan derfor ikke forventes at få nævneværdige priseffekter. Derfor er der ikke grund til at forvente væsentlige ændringer i afgrødesammensætningen for korn og raps herhjemme som følge af tiltaget. Drivhusgasændringer ifm. afgrødeproduktion må derfor antages at være begrænset til de ovenfor nævnte ændringer i arealfordelingen mellem græs og majs.

Opgørelse af sideeffekter

Der er ikke opgjort sideeffekter i form af ændret kvælstofudvaskning eller ammoniakfordampning ved tiltaget, jf. Olesen et al. (2018).

Påvirkning af natur

Biodiversitet: Ifølge Olesen et al. (2018) må der forventes en (mindre) negativ effekt på biodiversiteten, som følge af reduceret tildeling af græsensilage til fordel for majsensilage, idet biodiversiteten i græsmarker er højere end i majsmarker.

3.3.3. Budgetøkonomiske effekter

Berørte aktører

Tiltaget berører konventionelle mælkeproducenter, som alle i kraft af regelstyring i form af påbud forudsættes at ændre adfærd og anvende den forudsatte fodersammensætning. Staten vil have administrationsomkostninger ved tiltaget.

Opgørelse af budgetøkonomi

Tiltagets økonomiske konsekvenser for landmanden beregnes ved ændringen mellem en referencefoderplan og en tiltagsfoderplan. Referenceplanen er opgjort for 2015 og 2030, mens tiltagsfoderplanen er opgjort for 2030. Ved hjælp af de procentuelle ændringer i tildelingen af de forskellige fodertyper mellem 2015 og 2030, er referencefoderplanen for 2021 regnet ud. Ændringerne i referencefodertildelingen benyttes derudover til at tilbageregne tiltagsfoderplanen til år 2021, hvor tiltaget træder i kraft. Der skal i beregningerne tages højde for, at malkekvæg i perioden indtil 2030 vil få tildelt øgede mængder foder per ko. Dette gøres ved for hvert år at tilpasse både reference- og tiltagsfoderplanerne til de øgede foder-mængder per år. Efter 2030 holdes ændringen i foderplanen konstant. For fodertypernes tørstofindhold er Norfor (2016) benyttet.

I foderplanen forudsættes det, som det ses i tabel 3.3.4 nedenfor, at den årlige standardfoderblanding for konventionelle malkekøer i 2021 reduceres med 138 kg halm, 505 kg byg, 780 kg rapskage og 110 FE græsensilage. Til gengæld øges tildelingen af sojaskrå med 516 kg, rapsfrø med 374 kg samt majsensilage med 153 FE, som skal indeholde 15 procent kolbemajs. I 2030 reduceres fodertildelingen med 98 kg halm, 577 kg byg, 827 kg rapskage og 137 FE græsensilage. Til gengæld øges tildelingen af sojaskrå med 559 kg, rapsfrø med 402 kg samt majsensilage med 193 FE som skal indeholde 15 procent kolbemajs. Foderændringerne er fastsat således, at de er inden for normen for protein-, fedt-, og stivelsestildeling (Olesen et al., 2018).

Den anvendte græsensilage forudsættes i tiltagsfoderplanen at være mere letfordøjelig og indeholde mere protein, idet der forudsættes 5 slæt i stedet for 4 (Olesen et al., 2018). Det er vanskeligt at danne sig et klart billede af nettoomkostningerne ved at gå fra 4 til 5 slæt, idet SEGES' budgetkalkuler for slætgræs ikke afspejler det øgede proteinindhold og den bedre fordøjelighed af ensilagen ved 5 slæt. Det er muligt, at disse forbedringer ikke fuldt ud dækker de øgede omkostninger ved et ekstra slæt. Prisen på græsensilage i tiltagsfoderplanene må derfor betragtes som en underkantsvurdering.

Kolbemajs udgør i tiltagsfoderplanen 15 procent af majsensilagen for at øge energiindholdet og mængden af stivelse i foderet (Olesen et al., 2018). Dette afspejles i en højere pris per FE for kolbemajs i Budgetkalkulerne. Forskellen i dækningsbidrag mellem de to typer majsensilage er meget beskeden. Dette vurderes derfor ikke at have betydning for beregningsresultaterne.

Udgangspunktet for foderpriserne i basisåret '2016' er den gennemsnitlige pris i SEGES' budgetkalkuler for perioden 2011-2015. Grovfoder i form af græs- og majsensilage inklusive kolbemajs antages at blive dyrket på bedriften. For at tage højde for engrosavancer på kraftfoder er priserne på byg, rapskager og sojaskrå opgjort an mælkeproducent. Prisen på rapsfrø er ab landmand og opjusteres med en engrosavance på 20 øre/kg på tilsvarende vis som i IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013).

Foderpriserne (undtagen på halm) fremskrives fra basisåret til 2025 ved anvendelse af realprisstigningstakten i OECD's/FAO's Agricultural Outlook 2016-2025 (prisstigningstakten i OECD/FAO (2016) er omregnet til faste priser vha. Energistyrelsens (2017) fremskrivning af BVT-deflatoren). Til fremskrivningen af prisen på byg, kolbemajs, græs- samt majsensilage er der anvendt realprisstigningstakten for "Other coarse grains", mens der for sojaskrå samt rapskage er anvendt stigningstakten for "Protein meals" og for rapsfrø "Other oilseeds" i OECD/FAO (2016). I resten af beregningsperioden fra 2026 til 2050 er priserne holdt konstante.

Til fremskrivning af halmprisen anvendes Energistyrelsens fremskrivning af træflisprisen som går frem til 2040 (Energistyrelsen, 2017), da det antages at halm og træflis i stigende grad vil være brændselssubstitutter fremover. Efter 2040 holdes halmprisen således konstant. Idet der i 2017-fremskrivningen ikke er priser for 2016, anvendes stigningstakten 2017-2021 til at fremskrive 2016-basisprisen.

Beregningerne i tabel 3.3.4 viser ændringen i fodertildelingen per ko, foderpriserne som de er fremskrevet til år 2021 og 2030, samt de omkostninger tiltaget medfører per ko i 2021 og 2030. Tabellen viser, at meromkostningen per ko ved den forudsatte ændring i fodersammensætningen er 231 kr. i år 2021 og 234 kr./ko i år 2030.

De beregnede omkostningsændringer skyldes både mængdeændringer og realprisændringer i løbet af beregningsperioden. Fastholdes realpriserne i basisåret (gennemsnit af 2011-2015), mens fodersammensætningen svarer til foderplanen i 2021, bliver den driftsøkonomiske omkostning 347 kr./ko, mens foderplanen i 2030 i kombination med basisårspriser medfører en omkostning på 393 kr./ko, altså hhv. 1,5 og 1,7 gange højere. Fremskrivningerne af foderpriserne, indebærer dermed lavere omkostninger ved foderændringen, end hvis prisniveauet for de forskellige fodertyper i perioden 2011-2015 fastholdes. Effekten på skyggeprisen ved at anvende basisåret som udgangspunkt for prisen i hele beregningsperioden, er opgjort i følsomhedsanalyserne til sidst i kapitlet.

Tabel 3.3.4. Foderændringer og omkostninger per ko på årsbasis i 2021 og 2030

Malkekvæg pr. år	Enhed	Ændring i 2021	Omkostning i 2021, kr./ko	Ændring i 2030	Omkostning i 2030, kr./ko
Halm	kg	-138	-71	-98	-54
Majsensilage	FE	153	152	193	193
Græsensilage	FE	-110	-121	-137	-151
Byg	kg	-505	-703	-577	-804
Sojaskrå	kg	516	1.448	559	1.566
Rapskage	kg	-780	-1.501	-827	-1.587
Rapsfrø	kg	374	1.028	402	1.071
I alt pr. ko pr. år			231		234

Kilde: Olesen et al. (2018), SEGES' Budgetkalkuler (2016), OECD/FAO (2016), NorFor (2016), Energistyrelsen (2017) samt egne beregninger

Et andet fodertiltag "Fedt i foder til malkekøer" blev analyseret i IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013). Dette forudsatte ændringer, der alene drejede sig om en øget mængde fedt, nærmere bestemt ændringer i forholdet mellem byg og rapsfrø. Her blev meromkostningen beregnet til 188

kr./konventionel malkeko i 2017-priser, altså ca. 50 kr. mindre per ko end i de nuværende beregninger, men tiltagene er ikke direkte sammenlignelige pga. ændringer i foderplanerne.

I tabel 3.3.5 ses tidsstien for implementering af tiltaget, som forventes fuldt implementeret i 2021. Det antages, at malkekobestanden holdes på 2030-niveau fra 2031 og frem. Antallet af køer, der ikke får en ændret fodersammensætning, stiger indtil 2030 pga. omlægning til økologi, hvor foderplanerne ikke ændres.

Som det fremgår af tabellen, forventes de samlede omkostninger for landbruget at falde fra 112 mio. kr. i 2021 til 100 mio. kr. i 2026 pga. faldet i den konventionelle malkekobestand, samtidigt med at prisforholdet mellem fodertyperne ændres. Prisen på rapsfrø falder, prisen på halm stiger (ind til 2040 som følge af fremskrivningen ovenfor), mens priserne på de resterende fodermidler forbliver omkring samme niveau. I 2036 ligger omkostningerne på 106 mio. kr. og forbliver på dette niveau i den resterende del af beregningsperioden. Stigningen sker som følge af ændrede prisforhold mellem fodertyperne, hvor priserne på halm stiger indtil 2040 som følge af fremskrivningen ovenfor, men hvor de resterende foderstoffers priser holdes konstante fra 2025, idet der ikke er kendskab til fremskrivninger for en længere årrække. Det ses af tabellen at nutidsværdien af landbrugets driftsøkonomiske omkostninger er beregnet til 1,8 mia. kr., svarende til annuiserede omkostninger på 105 mio. kr.

Det skal dog understreges, at omkostningsberegningerne er lavet for gennemsnitsbedriften, mens der i praksis vil være bedrifter, der fodrer væsentligt anderledes end udgangspunktet for dette tiltag. Der kan derfor være bedrifter, som vil have betydelige meromkostninger ved tiltaget både i forhold til ændringer på bedriften og til foderændringer.

Staten vil have annuiserede administrationsudgifter på 0,4 mio. kr. i forbindelse med tiltaget, svarende til 6,8 mio. kr. i nutidsværdi for beregningsperioden. Opgørelsen af disse er baseret på Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009) fremskrevet til 2017-priser og er behæftet med betydelig usikkerhed.

Tabel 3.3.5. Budgetøkonomiske omkostninger for berørte aktørgrupper, 2017-priser, 30-årig periode

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	0,0	0
2020	0,0	0
2021	1,9	112
2022	0,3	109
2023	0,3	106
2024	0,3	103
2025	0,3	100
2026	0,3	100
2027	0,3	101
2028	0,3	102
2029	0,3	103
2030	0,3	107
2031	0,3	107
2032	0,3	107
2033	0,3	107
2034	0,3	107
2035	0,3	107
2036	0,3	106
2037	0,3	106
2038	0,3	106
2039	0,3	106
2040	0,3	106
2041	0,3	106
2042	0,3	106
2043	0,3	106
2044	0,3	106
2045	0,3	106
2046	0,3	106
2047	0,3	106
2048	0,3	106
2049	0,3	106
2050	0,3	106
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	4,0	848
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	6,8	1.823
Annuitet for perioden 2021-2030*	0,5	105
Annuitet for perioden 2021-2050*	0,4	105

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.3.6. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	In- vester- ing	Af- skriv- ninger	Merom- kostninger til foder	Produ- ktions- tab	Produk- tions- indtæg- ter	Besparel- ser på foder	Afgifter og skat- ter (netto)	Til- skud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	1.278	0	0	-1.166	0	0	0	112
2022	0	0	1.277	0	0	-1.168	0	0	0	109
2023	0	0	1.277	0	0	-1.171	0	0	0	106
2024	0	0	1.276	0	0	-1.174	0	0	0	103
2025	0	0	1.276	0	0	-1.176	0	0	0	100
2026	0	0	1.280	0	0	-1.180	0	0	0	100
2027	0	0	1.284	0	0	-1.183	0	0	0	101
2028	0	0	1.288	0	0	-1.186	0	0	0	102
2029	0	0	1.292	0	0	-1.190	0	0	0	103
2030	0	0	1.299	0	0	-1.192	0	0	0	107
2031	0	0	1.299	0	0	-1.192	0	0	0	107
2032	0	0	1.299	0	0	-1.192	0	0	0	107
2033	0	0	1.299	0	0	-1.192	0	0	0	107
2034	0	0	1.299	0	0	-1.192	0	0	0	107
2035	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	107
2036	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2037	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2038	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2039	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2040	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2041	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2042	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2043	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2044	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2045	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2046	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2047	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2048	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2049	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
2050	0	0	1.299	0	0	-1.193	0	0	0	106
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	10.399	0	0	-9.551	0	0	0	848
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	22.325	0	0	-20.503	0	0	0	1.823
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	1.282	0	0	-1.177	0	0	0	105
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	1.291	0	0	-1.186	0	0	0	105

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.3.7. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Stat (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	D&V	Administration	Tilskudsudgift	Besparelser	Afgifts- og skatteprovenu+ brugerbetaling (netto)	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	1,9	0	0	0	0	2
2022	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2025	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2031	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2032	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2033	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2034	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2035	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2036	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2037	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2038	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2039	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2040	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2041	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2042	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2043	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2044	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2045	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2046	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2047	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2048	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2049	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
2050	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	0	4,0	0	0	0	0	4
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	0	6,8	0	0	0	0	7
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne ved beregningerne af omkostningerne ved tiltaget vedrører fremskrivningen af malkekobestanden og dennes fordeling på hhv. konventionelle og økologiske malkekøer samt fremskrivningen af foderpriserne.

3.3.4. Velfærdsøkonomiske effekter

Opgørelse af forvridningseffekter

De velfærdsøkonomiske beregninger inkluderer de budgetøkonomiske omkostninger for landbruget for de bedrifter, der ændrer adfærd, samt statens administrationsomkostninger ved tiltaget. Disse skal forøges med NAF. Derudover indregnes et skatteforvridningstab af statens administrationsomkostninger på 10 procent plus NAF, idet udgifterne forudsættes finansieret ved at hæve bundskatten (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Skatteforvridningstabets ved tiltaget er beregnet til 0,9 mio. kr. i nutidsværdi.

Principielt kan tiltaget være forbundet med forvridningsomkostninger på forbrugs- og/eller udbudssiden. Med en stor eksportandel og fri import af mælkeprodukter kan det ikke forventes, at danske mælkeproducenter vil kunne overvælte de stigende produktionsomkostninger på forbrugerpriserne i nævneværdigt omfang. Derimod kan øgede omkostninger forventes at reducere mælkeproduktionen i et eller andet omfang.

Efter kvoteordningens ophør fra 2015 vil tiltaget i princippet have en reducerende effekt på mælkeproduktionen. Meromkostningerne ved tiltaget er omkring 237 kr./ko/år for konventionelle køer set over hele beregningsperioden (beregnet som de diskonterede omkostninger divideret med det diskonterede antal køer). Beregninger med modellen AGMEMOD i IFRO's Rapport 205 (2010) viste, at omkostningsstigninger i den størrelsesorden har en meget ringe udbudseffekt, som kun kan beregnes med stor usikkerhed. Endelig kunne man forestille sig, at lavere indtjening i mælkeproduktionen ville reducere jordprisen (marginalt) og dermed jordskatterne. Det må dog antages, at jordprisen primært er bestemt af udviklingen i jordrenten i planteproduktionen, da landbrugsjord kun kan betragtes som en absolut begrænsende faktor for mælkeproduktionen i områder uden ledige harmoniarealer til udbringning af husdyrgødning, hvilket i dag er mindre almindeligt end tidligere (jf. forklaring i afsnittet om biogas).

Der indregnes et forvridningstab på 9 procent af de budgetøkonomiske meromkostninger for landmænd ved ændret fodersammensætning. Dette er begrundet i, at øgede omkostninger i det danske landbrug, som nævnt, ikke kan forventes overvæltet på forbrugerne. De reducerede indtægter i landbruget formindsker statens skatteprovenu (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Forvridningstabets er beregnet til 164 mio. kr. i nutidsværdi. De samlede forvridningsomkostninger inklusive ovennævnte skatteforvridningstab ved finansiering af statens administrationsomkostninger bliver dermed 165 mio. kr. i nutidsværdi.

Opgørelse af velfærdsøkonomi

De beregnede samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger ved tiltaget ses i tabel 3.3.8. Som det fremgår af tabellen, udgør de samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger 948kr./ton CO₂-ækv. Til

sammenligning blev de samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger beregnet til 442 kr./CO₂-ækv i 2017-priser for konventionelle malkekøer i tiltaget Fedt i foder til malkekvæg i Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013). Her var implementeringsinstrumentet en afgift. De velfærdsøkonomiske beregninger inkluderede derfor forvridninger af afgiftsbetalingerne for det kvæg, der ikke fik tildelt mere fedt. Dog var der lavere omkostninger per ko (ca. 30 procent) i landbruget ved foderændringen, samt en større metanreduktion per ko (ca. 14 procent højere). Tiltaget i indeværende beregninger og tiltaget i Rapport 221 er dog ikke direkte sammenlignelige, idet foderplanerne adskiller sig ret betragteligt som følge af opdateret videngrundlag.

Tabel 3.3.8. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. 30-årig periode

Velfærds- økonomi	Afskriv- ninger	D&V	Ad- mini- stra- tion	Værdi af ændrin- ger i pro- duktion og for- brug*	Værdi af side- effekt er	For- vrid- ning	Velfærds- økonomi- ske om- kostninger i alt	Reduktion af drivhus- gasser inkl. kulstof- binding**	Reduktion af drivhusgas- ser ekskl. kulstof- binding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	1.693	3	-1.542	0	10	162	157	157
2022	0	1.692	0	-1.547	0	10	155	157	157
2023	0	1.692	0	-1.551	0	10	150	157	157
2024	0	1.691	0	-1.555	0	9	146	157	157
2025	0	1.691	0	-1.558	0	9	142	158	158
2026	0	1.696	0	-1.563	0	9	143	158	158
2027	0	1.701	0	-1.567	0	9	144	158	158
2028	0	1.707	0	-1.571	0	9	145	158	158
2029	0	1.712	0	-1.576	0	9	146	158	158
2030	0	1.721	0	-1.579	0	10	152	158	158
2031	0	1.721	0	-1.579	0	10	152	158	158
2032	0	1.721	0	-1.579	0	10	152	158	158
2033	0	1.721	0	-1.579	0	10	152	158	158
2034	0	1.721	0	-1.579	0	10	151	158	158
2035	0	1.721	0	-1.580	0	10	151	158	158
2036	0	1.721	0	-1.580	0	10	151	158	158
2037	0	1.721	0	-1.580	0	10	151	158	158
2038	0	1.721	0	-1.580	0	10	150	158	158
2039	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2040	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2041	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2042	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2043	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2044	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2045	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2046	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2047	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2048	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2049	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
2050	0	1.721	0	-1.581	0	10	150	158	158
Nutidsværdi for perioden 2021- 2050	0	29.581	9	-27.166	0	165	2.589	2.730	2.730
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								948	

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne knytter sig til de samme punkter som for de budgetøkonomiske beregninger, dvs. hvorvidt fremskrivningen af malkekobestanden og foderpriser vil blive realiseret fremover. Derudover inkluderer reduktionspotentiallet ved tiltaget kun metanreduktion fra køernes fordøjelse i forbindelse med foderskiftet. Eventuelle forøgelser af drivhusgasudledningen pga. øget metan i husdyrgødningen samt ændringer i afgrødesammensætningen er ikke kvantificeret og dermed ikke med i opgørelsen af skyggeprisen.

3.3.5. Følsomhedsanalyser

Følsomhedsberegningerne omfatter ændrede prisrelationer samt ændrede diskonteringsrenter på hhv. 0, 2 og 6 procent i forhold til standarden på 4 procent. Derudover er følsomheden over for et ændret generelt skatteforvridningstab undersøgt for hhv. 5 og 20 procent mod standardforudsætningen om et skatteforvridningstab på 10 procent af det provenu, der skal rejses til finansiering af statens budgetmæssige omkostninger ved tiltaget.

Anvendes gennemsnitspriserne for foderstofferne i perioden 2011-2015 i hele beregningsperioden, stiger skyggeprisen til 1.604 kr./ton CO₂-ækv. Med de forudsatte ændringer i fodersammensætning mv. medfører ændringer i prisen på græs- og majsensilage samt kolbemajs kun mindre ændringer i skyggeprisen, da mængdeændringerne er ret beskedne for disse fodermidler. Det er priserne på byg, sojaskrå, rapskage og rapsfrø, der påvirker skyggeprisen mest, idet de største mængdeændringer finder sted for disse fodermidler. F.eks. medfører en 25 procents stigning i rapskageprisen en samfundsøkonomisk gevinst svarende til 684 kr./ton CO₂-ækv., mens en 25 procents stigning i prisen på byg reducerer skyggeprisen til 137 kr./ton CO₂-ækv. Falder disse priser med 25 procent, stiger skyggeprisen til hhv. 2.581 og 1.760 kr./ton CO₂-ækv. En 25 procents reduktion i prisen på sojaskrå hhv. rapsfrø resulterer derimod i en samfundsøkonomisk gevinst på 653 hhv. 154 kr./ton CO₂-ækv., mens en stigning på 25 procent medfører en stigning i skyggeprisen til 2.550 hhv. 2.050 kr./ton CO₂-ækv. Det skal understreges, at disse "alt andet lige"-forudsætninger, der er anvendt for de enkelte prisfølsomhedsberegninger, ikke er særligt realistiske. Priserne på de forskellige fodermidler vil typisk variere i betydeligt omfang. Følsomhedsanalysen understreger dog, at tiltagets omkostninger er stærkt afhængige af udviklingen i de relative foderpriser.

Som det fremgår af tabel 3.3.9, påvirkes CO₂-skyggeprisen ikke nævneværdigt af ændrede diskonteringsrenter. Det skyldes, at der ikke er væsentlig tidsmæssig forskydning mellem omkostninger og resulterende benefits (herunder reducerede drivhusgasudledninger) gennem analyseperioden. Heller ikke ændret skatteforvridningstab påvirker CO₂-skyggeprisen nævneværdigt, bl.a. fordi der kun er tale om skattefinansiering af et mindre beløb til administration af tiltaget.

Idet der er usikkerhed, om tiltagets effekter på metanudledninger fra gyllen er skyggeprisen også beregnet med lavere metanreduktionspotentialle – hhv. 25, 50 og 75 procent lavere end det som er forudsat i hovedberegningen ovenfor – dvs. hhv. 6, 4 og 2 procent reduktion i metanudledninger per ko. Ved disse niveauer for drivhusgasreduktioner stiger skyggeprisen til hhv. 1.264, 1.897 og 3.793 kr./ton CO₂-ækv.

Tabel 3.3.9. Resultater af følsomhedsanalyser

	Reduktion CO ₂ -ækv., årligt gennemsnit i perioden 2021-2030	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050
	1.000 ton	Kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning	158	948
'2016'-priser i hele perioden		1.604
Byg, 25 % reduktion		1.760
Byg, 25 % stigning		137
Rapskage, 25 % reduktion		2.581
Rapskage, 25 % stigning		-684
Sojaskrå, 25 % reduktion		-653
Sojaskrå, 25 % stigning		2.550
Rapsfrø, 25 % reduktion		-154
Rapsfrø, 25 % stigning		2.050
Halm, 25 % reduktion		1.010
Halm, 25 % stigning		886
Majsensilage, 25 % reduktion		791
Majsensilage, 25 % stigning		1.105
Kolbemajs, 25 % reduktion		916
Kolbemajs, 25 % stigning		981
Græsensilage, 25 % reduktion		1.098
Græsensilage, 25 % stigning		798
Diskonteringsrente 0 %		948
Diskonteringsrente 2 %		948
Diskonteringsrente 6 %		949
Skatteforvridningstab 5 %/4,5 %		918
Skatteforvridningstab 20 %/18 %		1.009
25 % reduktion i metanreduktionspotentiale	118	1.264
50 % reduktion i metanreduktionspotentiale	79	1.897
75 % reduktion i metanreduktionspotentiale	39	3.793

Kilde: Egne beregninger

3.3.6. Kompensationsscenario

I det følgende analyseres virkemidlet med de samme implementeringskrav (i form af regelstyring) som ovenfor, men med fuld kompensation for meromkostninger til de berørte mælkeproducenter.²⁶ Kompensationen er opgjort til de beregnede årlige meromkostninger ved at ændre fodersammensætningen som forudsat i det foregående scenarie.

Budgetøkonomiske beregninger

Som det ses i tabel 3.3.10, vil landbruget ved en kompensationsordning som angivet ikke opleve driftsøkonomiske omkostninger. Staten vil ud over administrationsudgifterne nævnt i standardscenariet have udgifter til kompensationen, hvilket samlet set udgør 1,8 mia. kr. i nutidsværdi for perioden, svarende til 106 mio. kr. annuieret.

²⁶ Med hensyn til muligheden for at kompensere for omkostningerne ved et lovkrav vedr. fodring, skal det bemærkes, at det inden for den nuværende EU Landdistriktsforordning er hovedreglen, at der kun kan ske kompensation af frivillige indsatser. Det er uvist, hvad regelgrundlaget herfor vil være efter 2020, hvor den nuværende EU-reformperiode udløber (pers. medd., Erik Nielsen, Landbrugsstyrelsen).

Tabel 3.3.10. Budgetøkonomiske omkostninger for berørte aktørgrupper, 2017-priser, 30-årig periode

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	0	0
2020	0	0
2021	114	0
2022	109	0
2023	106	0
2024	103	0
2025	100	0
2026	101	0
2027	101	0
2028	102	0
2029	103	0
2030	108	0
2031	108	0
2032	107	0
2033	107	0
2034	107	0
2035	107	0
2036	107	0
2037	106	0
2038	106	0
2039	106	0
2040	106	0
2041	106	0
2042	106	0
2043	106	0
2044	106	0
2045	106	0
2046	106	0
2047	106	0
2048	106	0
2049	106	0
2050	106	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	852	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	1.829	0
Annuitet for perioden 2021-2030*	105	0
Annuitet for perioden 2021-2050*	106	0

Kilde: Egne beregninger

Samfundsøkonomiske beregninger

Da landbruget i dette scenarie ikke har driftsøkonomiske meromkostninger, beregnes der ikke skatteforvridningstab for landbruget. Derimod indregnes et 10 procents skatteforvridningstab (plus NAF) på statens udgifter til kompensation til landbruget samt administrationsomkostninger. Det giver en omkostning på 242 mio. kr. i nutidsværdi. Til sammenligning udgjorde de beregnede forvridningsomkostninger 165 mio. kr. i nutidsværdi i standardscenariet, hvor der ikke indgår kompensation til landbruget for meromkostningerne.

Som det ses i tabel 3.3.11, er skyggeprisen i kompensationsscenariet 977 kr./ton CO₂-ækv. – mod 948 kr./ton CO₂-ækv. i standardscenariet. De øgede forvridningsomkostninger i kompensationsscenariet øger dermed den samfundsøkonomiske CO₂-skyggepris med 29 kr. per ton CO₂-ækv.

Tabel 3.3.11. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. 30-årig periode

Velfærds- økonomi	Af- skriv- ninger	Mer- omkost- ninger til foder	Ad- mini- stra- tion	Værdi af æn- dringer i pro- duktion og for- brug inkl. foder- besparelser	Værdi af side- effekter	Forvri- dning	Velfærds- økonomi- ske om- kostnin- ger i alt	Reduktion af drivhus- gasser inkl. kulstof-bin- ding**	Reduktion af drivhusgasser ekskl. kulstof- binding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	1.693	3	-1.542	0	15	166	157	157
2022	0	1.692	0	-1.547	0	14	159	157	157
2023	0	1.692	0	-1.551	0	14	155	157	157
2024	0	1.691	0	-1.555	0	14	150	157	157
2025	0	1.691	0	-1.558	0	13	146	158	158
2026	0	1.696	0	-1.563	0	13	147	158	158
2027	0	1.701	0	-1.567	0	13	148	158	158
2028	0	1.707	0	-1.571	0	14	149	158	158
2029	0	1.712	0	-1.576	0	14	150	158	158
2030	0	1.721	0	-1.579	0	14	157	158	158
2031	0	1.721	0	-1.579	0	14	157	158	158
2032	0	1.721	0	-1.579	0	14	156	158	158
2033	0	1.721	0	-1.579	0	14	156	158	158
2034	0	1.721	0	-1.579	0	14	156	158	158
2035	0	1.721	0	-1.580	0	14	156	158	158
2036	0	1.721	0	-1.580	0	14	155	158	158
2037	0	1.721	0	-1.580	0	14	155	158	158
2038	0	1.721	0	-1.580	0	14	155	158	158
2039	0	1.721	0	-1.581	0	14	155	158	158
2040	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2041	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2042	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2043	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2044	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2045	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2046	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2047	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2048	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2049	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
2050	0	1.721	0	-1.581	0	14	154	158	158
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	0	29.581	9	-27.157	0	242	2.666	2.730	2.730
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								977	

Kilde: Egne beregninger

Følsomhedsanalyser for kompensationsscenarium

Følsomhedsberegningerne omfatter ændringer i prisrelationer samt ændrede diskonteringsrenter på hhv. 0, 2 og 6 procent i forhold til standarden på 4 procent. Følsomheden over for ændret skatteforvridningstab er undersøgt for hhv. 10 og 40 procent mod standardforudsætningen om et skatteforvridningstab på 20 procent af det provenu, der skal rejses til finansiering af statens budgetmæssige omkostninger ved tiltaget.

Resultaterne af følsomhedsberegningerne fremgår af tabel 3.3.12. Hvad foderpriserne angår, er følsomheden ændret lidt i forhold til i standardscenariet, da der nu er et lidt større forvridningstab pga. kompensation for meromkostningerne. Den væsentligste ændring er, at CO₂-skyggeprisen nu er følsom over for ændringer i satsen for skatteforvridningstab. Ved en nedsættelse af det generelle forvridningstab fra 10 til 5 procent og det landbrugsspecifikke forvridningstab fra 9 til 4,5 procent falder skyggeprisen fra 977 til 932 kr./ton CO₂-ækv., mens den stiger til 1.065 kr./ton CO₂-ækv. ved et generelt forvridningstab på 20 procent og landbrugsspecifikt på 18 procent.

Som i standardscenariet er der foretaget følsomhedsberegninger mht. usikkerheden omkring øgede metanudledninger fra gyllen. Følsomhedsberegningerne er foretaget for reduktioner i metanreduktionspotentiale på hhv. 25, 50 og 75 procent, dvs. metanreduktioner på 6, 4 og 2 procent. Ved disse reduktioner i metanreduktionspotentialet stiger skyggeprisen til hhv. 1.302, 1.953 og 3.907 kr./ton CO₂-ækv. Der er tale om forøgelse i intervallet 38-114 kr./ton CO₂-ækv. ift. standardscenariet.

Tabel 3.3.12. Resultater af følsomhedsanalyser

	Reduktion CO ₂ -ækv., årligt gennemsnit i perioden 2021-2030	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050
	1.000 ton	Kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning	158	977
'2016'-priser i hele perioden		1.652
Byg, 25 % reduktion		1.813
Byg, 25 % stigning		141
Rapskage, 25 % reduktion		2.658
Rapskage, 25 % stigning		-705
Sojaskrå, 25 % reduktion		-673
Sojaskrå, 25 % stigning		2.626
Rapsfrø, 25 % reduktion		-158
Rapsfrø, 25 % stigning		2.112
Halm, 25 % reduktion		1.041
Halm, 25 % stigning		913
Majsensilage, 25 % reduktion		815
Majsensilage, 25 % stigning		1.138
Kolbemajs, 25 % reduktion		943
Kolbemajs, 25 % stigning		1.010
Græsensilage, 25 % reduktion		1.131
Græsensilage, 25 % stigning		822
Diskonteringsrente 0 %		976
Diskonteringsrente 2 %		976
Diskonteringsrente 6 %		977
Skatteforvridningstab 5 %/4,5 %		932
Skatteforvridningstab 20 %/18 %		1.065
25 % reduktion i metanreduktionspotentiale	118	1.302
50 % reduktion i metanreduktionspotentiale	79	1.953
75 % reduktion i metanreduktionspotentiale	39	3.907

Kilde: Egne beregninger

3.3.7. Samlet vurdering

Reduktionspotential:

Tiltaget reducerer metanudledninger fra dyrenes fordøjelse med i gennemsnit 158.000 ton CO₂-ækv. årligt i 2021-2030. Da der er usikkerhed omkring denne effekt i forhold til eventuelle merudledninger af metan fra gyllen, udføres følsomhedsanalyser hvor metanreduktionspotentialet reduceres med hhv. 25, 50 og 75 procent.

Samfundsøkonomisk skyggepris:

Den samfundsøkonomiske CO₂-skyggepris er beregnet til 948 kr./ton CO₂-ækv. i regelstyringsscena-riet og 977 kr./ton CO₂-ækv. i kompensationsscena-riet. CO₂-skyggeprisen er dermed 29 kr. højere per ton CO₂-ækv. ved ydelse af kompensation til mælkeproducenterne for meromkostningerne ved ændret fodersammensætning. Denne forskel må betegnes som ret beskeden. Valget mellem de to implementeringsinstrumenter er derfor primært et spørgsmål om indkomstfordeling.

Driftsøkonomiske omkostninger:

I standardscena-riet er landbrugets driftsøkonomiske omkostninger beregnet til 1,8 mia. kr. i nutids-værdien, svarende til annuierede omkostninger på 105 mio. kr. I kompensationsscena-riet har land-bruget ikke meromkostninger ved tiltaget i kraft af et break even-tilskud. For staten udgør udgifterne til kompensation 1,8 mia. kr. i nutidsværdi.

Da der alene er tale om ændret fodersammensætning, kræver virkemidlet ikke væsentlige ændringer i produktionsapparatet, og det kan derfor implementeres uden en længere indfasningsperiode. Bereg-ningerne er lavet for gennemsnitsbedriften, men i praksis vil der være bedrifter, der fodrer væsentligt anderledes end udgangspunktet i dette tiltag. Der kan derfor være bedrifter, som vil have betydelige meromkostninger ved tiltaget både i forhold til ændringer på bedriften og til foderændringer.

Administrationen af tiltaget repræsenterer dog en udfordring, idet der skal oprettes en registrerings-og afrapporteringsordning, som viser sammensætningen af fodermidler på de kvægbedrifter, der er omfattet af tiltaget. Det har ikke været muligt at vurdere landmændenes omkostninger ved admini-stration af tiltaget. Fluktuationer i andelen og kvaliteten af hjemmeavlet foder, som kan udgøre en stor andel af foderet på bedriften, udgør en særlig udfordring ved kontrollen i tiltaget.

Anvendelse af regelstyring giver relativt stor sikkerhed mht. størrelsen af reduktionseffekten/imple-menteringsomfanget, mens der knytter sig usikkerhed til størrelsen af landmændenes omkostninger ved tiltaget. Det skyldes, at regelstyring ikke giver landmændene mulighed for at ændre på fodersam-mensætning ved ændringer i prisrelationerne for de forskellige fodermidler. Dermed er der risiko for, at tiltaget kan blive væsentligt dyrere end beregnet.

I beregningerne er det forudsat, at økologiske mælkeproducenter er fritaget for regulering i regelsty-ringsscena-riet, da det må betragtes som urealistisk/prohibitivt dyrt at gennemføre de forudsatte æn-dringer i fodersammensætningen i den økologiske produktion. En sådan fritagelse vil muligvis kunne give anledning til (politiske) problemer, medmindre det kan påvises, at økologiske mælkeproducenter udleder drivhusgasser i mindre omfang end konventionelle mælkeproducenter.

Følsomhedsberegninger:

Følsomhedsberegninger viser, at CO₂-skyggeprisen ikke påvirkes nævneværdigt af ændrede diskonteringsrenter. Det skyldes, at der ikke er væsentlig tidsmæssig forskydning mellem omkostninger og resulterende benefits (herunder reducerede drivhusgasudledninger) gennem analyseperioden. Til gengæld er tiltaget stærkt afhængigt af foderprisrelationer. Skyggeprisen kan stige væsentligt ved ændringer i priserne, eller den kan falde og blive negativ.

I standardscenariet, hvor implementeringsinstrumentet er regelstyring uden kompensation, påvirkes CO₂-skyggeprisen ikke nævneværdigt af ændringer i skatteforvridningssatsen. Det skyldes, at der kun er tale om skattefinansiering af et mindre beløb til administration af tiltaget. Det ændrer sig i kompensationsscenariet, hvor statens udgifter til kompensation som nævnt udgør 1,8 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til 106 mio. kr. annuieret. Ved en nedsættelse af det generelle hhv. landbrugsspecifikke forvridningstab fra 10 hhv. 9 procent i basisberegningen til 5 hhv. 4,5 procent, falder CO₂-skyggeprisen fra 977 til 932 kr./ton CO₂-ækv., mens den stiger til 1.065 kr./ton CO₂-ækv. ved et generelt forvridningstab på 20 procent og et landbrugsspecifikt forvridningstab på 18 procent.

Der er også udført følsomhedsberegninger af skyggeprisen ved en reduktion i metanreduktionspotentialet. Ved hhv. 25, 50 og 75 procent lavere metanreduktion er skyggeprisen beregnet til hhv. 1.264, 1.897 og 3.793 kr./ton CO₂-ækv. i standardscenariet. Ved tilsvarende reduktioner i kompensations-scenariet er skyggeprisen beregnet til hhv. 1.302, 1.953 og 3.907 kr./ton CO₂-ækv. I begge scenarier reduceres den gennemsnitlige årlige udledningsreduktion fra 158.000 ton CO₂-ækv. til hhv. 118.000, 79.000 og 39.000 ton CO₂-ækv. mellem 2021-2030.

3.3.8. Referencer

Dubgaard, A., Laugesen, F. M., Ståhl, L., Bang, J. R., Schou, E., Jacobsen, B. H., ... Jensen, J. D. (2013): *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*. Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 221). http://static-curis.ku.dk/portal/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf

Dubgaard, A., Nissen, C. J. V., Jespersen, H. M. L., Gylling, M., Jacobsen, B. H., Jensen, J. D., Hjort-Gregersen, K., Kejser, A.T. Helt-Hansen, J. (2010): *Økonomiske analyser for landbruget af omkostnings-effektive klimatiltag*. København: Fødevarerøkonomisk Institut, Københavns Universitet. Rapport / Fødevarerøkonomisk Institut, Nr. 205 http://static-curis.ku.dk/portal/files/44663464/FOI_rapport_205.pdf

Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018): *Beregningsmetode til samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler til brug for opnåelse af EU-2030-mål uden for kvotesektor* (Udkast, version 19. januar, 2018)

Energistyrelsen (2017): *Brændselspriser 2017* (regneark) af d. 5. maj 2017. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsoekonomiske-analysemetoder>

Jensen, J. D. (2017): *Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030*. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 255). http://static-curis.ku.dk/portal/files/171789712/IFRO_Rapport_255.pdf

Lentz, A. H. (2018): personlig meddelelse d. 23/1-2018, Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen (adhlen@lfst.dk)

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009): *Grove estimater over administrative omkostninger knyttet til FOI's forslag til klimatiltag i landbruget*. Upubliceret notat.

Møller, J. og Martinussen, H. (2009): *Rapsfrø som fedtkilde til malkekøer*. Kvæginform 2010 https://www.landbrugsinfo.dk/kvaeg/foder/tilskudsfoder/sider/rapsfroe_som_fedtkilde_til_malkekoeer.aspx

NaturErhvervstyrelsen (2015): *Statistik over Økologiske Jordbrugsbedrifter 2015*

NorFor (2016): Norfor Search for Feedstuff. <http://feedstuffs.norfor.info/>

OECD/FAO (2016), "OECD-FAO Agricultural Outlook", *OECD Agriculture statistics* (database). <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>

Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. og Lassen, J. (2018): *Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser*. DCA Rapport (under udarbejdelse).

Olesen, J.E. (2017): personlig meddelelse, mail med regneark fra DCE d. 30/1-2017 (jeo@agro.au.dk)

SEGES (2016): Budgetkalkuler (2011, 2012, 2013, 2014, 2015). Kan hentes hér: <https://farmtalon-line.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx>

3.4. Fodring med øget fedt, malkekvægsopdræt

3.4.1. Beskrivelse af virkemiddel

Indhold og omfang

Virkemidlet omfatter opdræt i den konventionelle del af malkekvægholdet. Med de kendte teknologier er en øget andel af (vegetabilsk) fedt i foderet det mest relevante middel til at reducere metanudledningen fra dyrenes fordøjelse i denne del af kvægholdet (Olesen et al., 2018). Tiltaget forudsætter, at det øgede fedtindhold i foderet opnås ved, at byg og halm i et vist omfang erstattes af rapsfrø (op. cit.).

Det forudsættes, at tiltaget implementeres gennem regelstyring, som omfatter samtlige dyr i den konventionelle bestand af malkekvægsopdræt. Det betragtes dog kun som realistisk at ændre fodersammensætningen for 75 procent af foderforbruget i denne del af kvægholdet (Olesen et al., 2018). Denne begrænsning skyldes, at en del af opdrættet er på græs om sommeren. Her vil det være vanskeligt at tildele fedt i de rette doseringer til de enkelte dyr, hvilket er en forudsætning for at opnå den forudsatte metanreduktion (op. cit.). Slagtekalves foder består allerede af letfordøjeligt stivelsesrigt foder, og tiltaget er derfor ikke relevant for denne dyretype (op. cit.).

I ammekvægholdet kommer stort set alle dyr på græs. Her kunne tiltaget indføres i vinterperioden (40 procent af foderdage), men der vil der være udfordringer i forhold til den praktiske fodring, da fodertildelingen ofte foregår under ret primitive forhold. Det gør det vanskeligt at sikre den rette fedttildeling til de enkelte dyr (pers. medd. Troels Kristensen/DCA, 2017). På grund af disse vanskeligheder, og det ret begrænsede reduktionspotentiale, er det besluttet at holde ammekvægholdet uden for beregningerne. Virkemidlets reduktionspotentiale reduceres dog kun i et begrænset omfang af dette. De årlige metanreduktioner fra 2030 og frem reduceres fra 19 til 16 tusind ton CO₂-ækv., svarende til en nedgang på 16 procent.

Potentialet for økologisk kvæg betragtes som stærkt begrænset (Olesen et al., 2018) og indgår derfor ikke i beregningerne. Det skyldes til dels, at økologiske dyr skal på græs og have tildelt høje andele grovfoder, og de praktiske vanskeligheder man dermed har ved at tilsætte de forudsatte mængder fedt i rationen (op. cit.). Derudover vil tilsætning af fedt/rapsfrø være væsentligt dyrere for økologisk end for konventionelt kvæg som vist i IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013).

Det er alene foderændringens effekter på metanudledning fra dyrenes fordøjelse, som indgår i potentialet for drivhusgasreduktioner. Tiltaget kan dog have afledte drivhusgaseffekter ved et øget indhold af metan i gyllen. Det kan derfor være nødvendigt at kombinere tiltaget med en foranstaltning, som reducerer udledningen af metan fra gyllen, f.eks. forsuring (Olesen et al., 2018). Effekten på metanudledninger fra gyllen er dog ikke kvantificeret i Olesen et al. (2018).

Udvikling i bestanden af malkekvægsopdræt

IFRO har stået for en fremskrivning af bestanden af opdræt i malkekvægholdet ved anvendelse af modellen AGMEMOD (Jensen, 2017). Opdrættet i malkekvægholdet opgøres som den samlede kviebestand fratrukket det antal kvier, der indgår i ammekvægbestanden. Det forudsættes, at kviebestanden er fordelt med 25 procent kvier under 6 måneder og 75 procent over seks måneder (pers. medd.

Troels Kristensen, DCA, 2017). Den økologiske andel af kviebestanden forudsættes at være den samme som den økologiske andel af malkekobestanden, dvs. knap 10 procent i dag (NaturErhvervsstyrelsen, 2015) og 25 procent i 2030 (Olesen et al., 2018).

Som det fremgår af tabel 3.4.1, er det beregnet, at bestanden af konventionelt opdræt i malkekvægholdet vil omfatte ca. 479.200 dyr i 2021. I 2030 forventes det, at opdræt i malkekvægholdet vil være faldet til ca. 444.200 dyr. Nedgangen skyldes dels den beregnede nedgang i den samlede malkekobestand, dels den stigende andel af økologisk malkekvæg. Efter 2030 holdes bestanden konstant.

Som tidligere nævnt forudsættes det, at tiltaget (tilsætning af fedt i form af rapsfrø) vil omfatte 75 procent af det samlede foderforbrug til opdrættet i det konventionelle malkekvæghold.

Tabel 3.4.1. *Udvikling i bestanden af opdræt i det konventionelle malkekvæghold samt andel af foderforbruget med ændret sammensætning, 2021-2030*

	Enhed	Opdræt
Fremskrevet konventionelt opdræt i 2021	stk.	479.223
Fremskrevet konventionelt opdræt i 2030	stk.	444.221
Andel af foderforbrug med ændret sammensætning i 2021-2030	%	75 %

Kilde: Jensen (2017), Olesen et al. (2018), pers. medd. Troels Kristensen/DCA (2017), NaturErhvervsstyrelsen (2015) samt egne beregninger

Implementeringsinstrument

Beregningerne viser, at det ved de forventede prisrelationer i beregningsperioden 2021-2030 vil være driftsøkonomisk fordelagtigt at reducere andelen af kraftfoder og halm til fordel for den forudsatte tildeling af fedt i form af rapsfrø. Der hersker naturligvis usikkerhed om de fremtidige prisrelationer, og derfor antages det, at der er behov for et implementeringsinstrument. Det forudsættes, at implementeringsinstrumentet er regelstyring i form af et lovkrav om den forudsatte reduktion i andelen af korn og halm i foderrationen til fordel for tildeling af vegetabilsk fedt. Det forudsættes endvidere, at kravet om tildeling af vegetabilsk fedt reduceres forholdsmæssigt for malkekvægbesætninger, der har opdrættet på græs om sommeren.

Regelstyring er ufølsom over for varierende prisrelationer mellem forskellige fodermidler, og man kan derfor ikke være sikker på, at denne form for regulering i praksis vil kunne gennemføres til de forudberegne omkostninger.

Konsekvenser

Konsekvenserne af virkemidlet under de angivne implementeringsforudsætninger fremgår af tabel 3.4.2. De ændrede foderplaner og potentialer er sammensat, således at der ikke forventes en påvirkning af produktionen (Olesen et al., 2018). Implementeringen af tiltaget forventes at reducere udledningen af metan med ca. 4 procent for opdrættet i den konventionelle del af malkekvægbestanden (op. cit.). I IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) forudsatte tiltaget en øget andel byg til fordel for en reduceret mængde græsensilage til ungdyr. Her var den beregnede metanreduktion noget større, men pga. ændringer i foderplan og kvægkategorier er beregningerne ikke direkte sammenlignelige.

Den ændrede fodersammensætning reducerer metanudledningen fra kvægets fordøjelse, men metanudledningen fra gyllen kan til gengæld blive forøget (Olesen et al., 2018). Det vil dog kunne undgås ved anvendelse af gyllen i biogasproduktion eller ved forsuring af gyllen (op. cit.). Disse effekter er ikke kvantificeret i Olesen et al. (2018). I nærværende beregninger er afledte effekter i form af øget udledning fra gyllen ikke medregnet. Det skyldes dels usikkerhed mht. til omfanget af øget udledning fra gyllen, dels at en væsentlig del af husdyrgødningsproduktionen fremover forventes at blive omfattet af metanreducerende tiltag som afgangning eller forsuring.

Ændringerne i fodersammensætningen forventes ikke at påvirke afgrødesammensætningen i planteavl, da der er tale om ændringer i anvendelsen af internationalt handlede varer i form af byg og rapsfrø samt halm, hvor sidstnævnte er et biprodukt fra korndyrkning.

Som det fremgår af tabel 3.4.2, viser beregningerne, at tiltaget repræsenterer en gevinst for landbruget på 13 mio. kr. annuieret med de forudsatte foderpriser. Det er derudover beregnet, at staten vil have annuierede omkostninger på 0,4 mio. kr. til administration af tiltaget. Denne beregning er baseret på en opgørelse foretaget af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009). Opgørelsen er forbundet med betydelig usikkerhed. Det skal bemærkes, at foderomkostningsberegningerne ikke nødvendigvis afspejler den billigste foderplan. I praksis kan der blive anvendt billigere fodermidler, herunder hjemmeavlet foder af lav alternativ værdi (pers. medd. Troels Kristensen/DCA, 2017).

Tabel 3.4.2. Konsekvensskema for ændrede foderplaner for opdræt i det konventionelle malkekvæghold

	Enhed	Periode	Effekt
Antal tildelt ændret foder	stk.	2021	479.223
Antal tildelt ændret foder	stk.	2030	444.221
Andel af foderforbrug med ændret sammensætning	%	2021-30	75 %
Driftsøkonomiske omkostninger, landbrug	mio. kr.	Årligt	-13
Budgetøkonomiske omkostninger, staten	mio. kr.	Årligt	0,40
Reduktion af metan	ton CO ₂ -ækv./dyr	2030	0,04

Kilde: Jensen (2017), Olesen et al. (2018), m.fl. samt egne beregninger

Bidrag til målopfyldelse

Der er behov for yderligere verificering af klimaeffekten ved ændret fodersammensætning samt at udvikle dokumentationsmetoder for fodringspraksisser og en model af dette til den nationale opgørelse, før klimaeffekten ville kunne tælle med i Danmarks nationale emissionsopgørelse og derved indgå i opfyldelse af nationale klimamål.

Tidshorisont

Da tiltaget ikke kræver investering i noget væsentligt omfang, antages det, at tiltaget implementeres fuldt ud fra 2021. Bestanden af konventionelt kvæg falder i perioden 2021-2030 og dermed også det antal dyr, der får ændret foder. Bestanden holdes konstant efter 2030.

Barrierer

Administration af tiltaget kræver, at der oprettes et kontrolsystem til registrering af foderforbruget fordelt på fodermidler i konventionelle kvægbesætninger. En stor del af foderet til besætningerne er hjemmeavlet, hvilket vanskeliggør kontrol.

Overlap og synergieffekter

Metanudledningen fra dyrenes fordøjelse reduceres ved tiltaget. Til gengæld kan metanindholdet i gyllen blive forøget, når fodersammensætningen ændres. Der kan derfor være en synergieffekt med tiltagene for afgang, forsuring, overdækning og køling af gylle.

3.4.2. Opgørelse af klimaeffekter

Datagrundlag

Emissionsdata er baseret på Olesen et al. (2018) samt metanemissionsdata fra DCE-regneark (pers. medd. Jørgen E. Olesen, 2018).

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren

Tiltaget vil reducere metanudledningen fra opdræt i det konventionelle malkekvæghold med 4 procent (Olesen et al., 2018). Ved tiltagets implementering i 2021 svarer det til en reduktion af metanudledningen på i alt knap 17.000 ton CO₂-ækv., mens reduktionen i 2030 og i årene derefter er opgjort til 16.000 ton CO₂-ækv. pga. faldende konventionel bestand.

Tabel 3.4.3 Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline

	Drivhusgasser i alt med kulstof- binding*	Drivhusgasser i alt uden kulstofbin- ding*	CH ₄
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	17	17	17
2022	17	17	17
2023	17	17	17
2024	17	17	17
2025	16	16	16
2026	16	16	16
2027	16	16	16
2028	16	16	16
2029	16	16	16
2030	16	16	16
2031	16	16	16
2032	16	16	16
2033	16	16	16
2034	16	16	16
2035	16	16	16
2036	16	16	16
2037	16	16	16
2038	16	16	16
2039	16	16	16
2040	16	16	16
2041	16	16	16
2042	16	16	16
2043	16	16	16
2044	16	16	16
2045	16	16	16
2046	16	16	16
2047	16	16	16
2048	16	16	16
2049	16	16	16
2050	16	16	16
Akkumuleret 2021-2030	163	163	163
Gennemsnit 2021-2030	16	16	16
Gennemsnit 2031-2050	16	16	16

Kilde: Jensen (2017), pers. medd. Jørgen E. Olesen (2017), Olesen et al. (2018) og egne beregninger

Usikkerheder

Som nævnt ovenfor er det alene tiltagets effekter på metanudledninger fra dyrenes fordøjelse, som medtages i beregningerne. Eventuelle udledninger knyttet til øget metanindhold i husdyrgødningen har det ikke været muligt at medtage, da sådanne effekter ikke er kvantificeret. Tiltagets reduktionspotentiale er derfor forbundet med usikkerhed. En øget metanudledning fra gylle ville dog kunne modvirkes ved metanreducerende tiltag såsom afgangning af gyllen eller forsuring. Derudover er der knyttet usikkerhed til fremskrivningen af kvægbestanden og dennes fordeling på konventionelle og økologiske dyr. Samlet giver det en betydelig usikkerhed om størrelsen af de forudsatte reduktioner.

Eventuelle drivhusgaseffekter ifm. foderproduktion nationalt og globalt

Tiltaget forudsætter en reduktion i forbruget af fodermidlerne byg og halm og et øget forbrug af rapsfrø. Der sker ingen ændringer i grovfoderforbruget (ud over halm). Byg og raps er internationalt handlede landbrugsvarer. Principielt vil ændringerne på globalt plan betyde en marginal reduktion i produktion og forbrug af foderkorn og en marginal stigning i produktion og forbrug af oliefrø. Hvad drivhusgasudledninger angår, må nettoeffekten af de afledte ændringer i afgrødesammensætning antages at være ubetydelige.

På nationalt plan vil de forudsatte ændringer i fodersammensætningen alt andet lige give anledning til en (lidt) større eksport af byg, som Danmark er nettoeksportør af, og en mindre eksport/større import af raps. Disse ændringer vil være ubetydelige i forhold til verdenshandelen med de pågældende produkter, og kan derfor ikke forventes at give nævneværdige priseffekter. Tiltaget kan derfor heller ikke forventes at påvirke rentabiliteten i dyrkningen af forskellige afgrøder. Dermed er der ikke grund til at forvente væsentlige ændringer i afgrødesammensætningen her i landet som følge af tiltaget, og således heller ikke i udledningen af drivhusgasser ifm. foderproduktionen.

Opgørelse af sideeffekter

Ifølge Olesen et al. (2018) er der ingen sideeffekter i form af reduceret kvælstofudvaskning eller ammoniakfordampning ved tiltaget.

3.4.3. Budgetøkonomiske effekter

Berørte aktører

Tiltaget berører konventionelle kvægbedrifter. Derudover vil staten have omkostninger til administration af tiltaget.

Budgetøkonomiske effekter

Tiltagets økonomiske konsekvenser for landbruget beregnes med udgangspunkt i forskellen mellem en referencefoderplan og en tiltagsfoderplan. For fodertypernes tørstofindhold er Norfor (2016) benyttet. I foderplanen forudsættes det, som vist i tabel 3.4.4 nedenfor, at den årlige standardfoderblanding reduceres med 240 kg halm og 27 kg byg, mens der til gengæld tildeles 50 kg rapsfrø. Ændringerne er sammensat således, at de ligger inden for normen for protein-, fedt-, og stivelsestildeling, dog er eventuelle negative effekter på dyrenes foderoptag som følge af reduceret tørstofdeling ikke indregnet (Olesen et al., 2018).

Udgangspunktet for foderpriserne i 2016 er den gennemsnitlige pris i SEGES' budgetkalkuler for perioden 2011-2015 fremskrevet til 2017-kr. (SEGES, 2016). For at tage højde for engrosavancer, er priserne på byg opgjort an mælkeproducent. Prisen på rapsfrø er ab landmand/producent og opjusteres med en engrosavance på 20 øre/kg på tilsvarende vis som i IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013).

Foderpriserne (undtagen på halm) fremskrives fra basisåret til 2025 ved anvendelse af realprisstigningstakten i OECD's/FAO's Agricultural Outlook 2016-2025 (prisstigningstakten i OECD/FAO (2016) er omregnet til faste priser vha. Energistyrelsens (2017) fremskrivning af BVT-deflatoren). Til fremskrivningen af bygprisen anvendes realprisstigningstakten for "Other coarse grains". For rapsfrø anvendes stigningstakten for "Other oilseeds". I resten af beregningsperioden fra 2026 til 2050 holdes priserne konstante.

Til fremskrivning af halmprisen anvendes Energistyrelsens fremskrivning af træflisprisen frem til 2040 (Energistyrelsen, 2017), da det antages at halm og træflis i stigende grad vil være brændsels-substitutter fremover. Da der i 2017-fremskrivningen ikke er priser for 2016, anvendes stigningstakten 2017-2021 til at fremskrive 2016-basisprisen. Efter 2040 holdes halmprisen konstant.

Bygprisen er i basisperioden 1,48 kr./kg. Den falder som følge af fremskrivningen til 1,39 kr./kg i 2021, hvilket også gælder for 2030. Rapsfrø koster i basisperioden 3,18 kr./kg og fremskrives til 2,75 kr./kg i 2021 og 2,66 kr./kg i 2030. Gennemsnitsprisen på halm er i udgangspunktet 0,5 kr./kg, mens den i 2021 i kraft af fremskrivningen er 0,52 kr./kg og 0,59 kr./kg i 2030. Til sammenligning opgør SEGES' budgetkalkuler værdien af halm ved salg eller forbrug til 0,45 kr./kg i 2017.

Beregningerne i tabel 3.4.4 viser ændringen i fodertildelingen per dyr, foderpriserne som de er fremskrevet til år 2021 og 2030, samt de omkostninger tiltaget medfører per dyr i 2021 og 2030. Som det ses, vil landbruget – under det givne forudsætninger – opnå en besparelse, når tildelingen af halm og byg reduceres til fordel for rapsfrø. Tabellen viser, at besparelsen per dyr ved den forudsatte fodertildeling er 25 kr. i 2021 og 37 kr. i 2030. Opgørelsen i tabel 3.4.4 er for dyr, der staldfodres hele året. Ved opgørelsen af de samlede ændringer for malkekvægsopdræt reduceres tallene i tabellen med 25 procent, da dyr på græs i sommerhalvåret ikke tildeles fedt i form af rapsfrø.

Umiddelbart virker det overraskende, at tiltaget ifølge beregningerne repræsenterer en gevinst for landbruget, da man så skulle forvente, at de forudsatte ændringer allerede var blevet iværksat. Det skal dog bemærkes, at gevinsten er beregnet for perioden 2021-2030 under de ovenfor nævnte forudsætninger om ændringer i realpriserne på fodermidler. Benyttes priserne i basisperioden, fås en mere beskeden besparelse på 2 kr./dyr, som næppe er stor nok til at fremkalde væsentlige ændringer i fodersammensætningen. Da de beregnede økonomiske konsekvenser er stærkt afhængige af de benyttede foderpriser, præsenteres en følsomhedsanalyse af effekten af ændrede prisforudsætninger sidst i dette afsnit.

Tabel 3.4.4. Ændringer i fodersammensætning og omkostninger for konventionelt malkekvægsopdræt opgjort per dyr på årsbasis i 2021 og 2030

Dyr pr. år	Enhed	Ændring	Omkostning i 2021, kr./dyr	Omkostning i 2030, kr./dyr
Halm	kg	-240	-124	-132
Majsensilage	FE	0	0	0
Græsensilage	FE	0	0	0
Byg	kg	-27	-37	-37
Rapskage	kg	0	0	0
Rapsfrø	kg	50	136	132
I alt pr. dyr pr. år			-25	-37

Note: Opgørelsen er for dyr, der staldfodres hele året.

Kilde: Olesen et al. (2018), Budgetkalkuler (2016), OECD/FAO (2016), NorFor (2016), Energistyrelsen (2017) samt egne beregninger

Et lignende fodertiltag, Ændret foder til andre typer kvæg end malkekvæg, blev analyseret i IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013). Tiltaget forudsatte en øget mængde byg og en reduceret mængde græsensilage. Der blev altså ikke tildelt mere fedt, og mængden af byg blev øget, i modsætning til indeværende beregninger. I Dubgaard et al. (2013) blev der beregnet en meromkostning på 159 kr./dyr opgjort i 2017-priser. Tiltaget kan dog ikke sammenlignes direkte med nærværende tiltag pga. forholdsvis store forskelle i foderplanerne og de relevante typer kvæg.

I tabel 3.4.5 ses de budgetøkonomiske omkostninger igennem beregningsperioden. Fra 2030 holdes antallet af dyr med ændret foderplan konstant. I kraft af at andelen af økologisk kvæg stiger i perioden, vil andelen af kvæg, der indgår i tiltaget, blive reduceret fra 2021-2030. De driftsøkonomiske besparelser stiger dog alligevel ind til 2030 i kraft af foderprisfremskrivningen, hvor prisen på rapsfrø falder og prisen på halm stiger, hvorimod prisen på byg er konstant.

Som det fremgår af tabellen, viser beregningerne, at landbruget vil opleve driftsøkonomiske fordele ved den ændrede fodersammensætning. Den annuiserede driftsøkonomiske gevinst er beregnet til 13 mio. kr., og nutidsværdien for hele perioden er beregnet til 221 mio. kr.

Opgørelsen af statens administrationsudgifter er baseret på Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009) og fremskrevet til 2017-priser. Statens administrationsudgifter vil have en nutidsværdi på 6,8 mio. kr., svarende til 0,4 mio. annuiseret. Der er betydelig usikkerhed om opgørelsen af de administrative omkostninger.

Tabel 3.4.5. Budgetøkonomiske omkostninger for berørte aktørgrupper, 2017-priser, 30-årig periode

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	0,0	0
2020	0,0	0
2021	1,9	-9
2022	0,3	-9
2023	0,3	-10
2024	0,3	-11
2025	0,3	-11
2026	0,3	-11
2027	0,3	-12
2028	0,3	-12
2029	0,3	-12
2030	0,3	-12
2031	0,3	-13
2032	0,3	-13
2033	0,3	-13
2034	0,3	-13
2035	0,3	-14
2036	0,3	-14
2037	0,3	-14
2038	0,3	-15
2039	0,3	-15
2040	0,3	-15
2041	0,3	-15
2042	0,3	-15
2043	0,3	-15
2044	0,3	-15
2045	0,3	-15
2046	0,3	-15
2047	0,3	-15
2048	0,3	-15
2049	0,3	-15
2050	0,3	-15
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	4,0	-88
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	6,8	-221
Annuitet for perioden 2021-2030*	0,5	-11
Annuitet for perioden 2021-2050*	0,4	-13

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.4.6. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	In- vest- ering	Afskriv- ninger	D&V	Produk- tionstab	Produk- tions- indtægter	Bespa- relser (foder)	Afgifter og skatter (netto)	Til- skud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	49	0	0	-58	0	0	0	-9
2022	0	0	48	0	0	-58	0	0	0	-9
2023	0	0	47	0	0	-57	0	0	0	-10
2024	0	0	47	0	0	-57	0	0	0	-11
2025	0	0	46	0	0	-57	0	0	0	-11
2026	0	0	45	0	0	-57	0	0	0	-11
2027	0	0	45	0	0	-57	0	0	0	-12
2028	0	0	45	0	0	-57	0	0	0	-12
2029	0	0	44	0	0	-56	0	0	0	-12
2030	0	0	44	0	0	-56	0	0	0	-12
2031	0	0	44	0	0	-57	0	0	0	-13
2032	0	0	44	0	0	-57	0	0	0	-13
2033	0	0	44	0	0	-57	0	0	0	-13
2034	0	0	44	0	0	-57	0	0	0	-13
2035	0	0	44	0	0	-58	0	0	0	-14
2036	0	0	44	0	0	-58	0	0	0	-14
2037	0	0	44	0	0	-58	0	0	0	-14
2038	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2039	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2040	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2041	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2042	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2043	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2044	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2045	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2046	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2047	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2048	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2049	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
2050	0	0	44	0	0	-59	0	0	0	-15
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	375	0	0	-463	0	0	0	-88
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	779	0	0	-999	0	0	0	-221
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	46	0	0	-57	0	0	0	-11
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	45	0	0	-58	0	0	0	-13

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.4.7. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Stat (mio. kr.)	Invest- ering	Afskriv- ninger	D&V	Admin- istration	Tilskud- sudgift	Be- sparelse r	Afgifts- og skat- teprovenu+ brugerbetaling (netto)	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
2020	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
2021	0	0	0	1,9	0	0	0	0	1,9
2022	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2023	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2024	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2025	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2026	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2027	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2028	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2029	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2030	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2031	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2032	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2033	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2034	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2035	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2036	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2037	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2038	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2039	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2040	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2041	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2042	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2043	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2044	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2045	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2046	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2047	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2048	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2049	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
2050	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,3
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	0	4,0	0	0	0	0	4,0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	0	6,8	0	0	0	0	6,8
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,5
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,4

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne ved beregning af omkostningerne ved tiltaget vedrører fremskrivningen af kvægbestanden og dennes fordeling på hhv. konventionelle og økologiske dyr samt fremskrivningen af foderpriserne. Sidst i dette afsnit vises resultaterne af en følsomhedsanalyse af effekten på skyggeprisen ved hhv. en halvering og fordobling af foderpriserne.

3.4.4. Velfærdsøkonomiske effekter

Opgørelse af forvridningseffekter

De velfærdsøkonomiske beregninger inkluderer de budgetøkonomiske omkostninger for landbruget samt statens administrationsomkostninger ved tiltaget, begge forøget med NAF. Derudover indregnes et skatteforvridningstab af statens administrationsomkostninger på 10 procent plus NAF, idet udgifterne til administration antages finansieret ved at hæve bundskatten (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Det beregnede skatteforvridningstab er 0,9 mio. kr. i nutidsværdi.

Der er ikke forvridningstab for landbruget, da erhvervet opnår en økonomisk gevinst ved tiltaget. Der skal ikke indregnes en gevinst af denne forbedring (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

Opgørelse af velfærdsøkonomi

De beregnede samfundsøkonomiske konsekvenser ses i tabel 3.4.8. Som det fremgår af tabellen, viser beregningerne en samfundsøkonomisk gevinst i form af en CO₂-skyggepris på minus 1.020 kr./ton CO₂-ækv.

Dette resultat afviger betydeligt fra tidligere beregninger i Dubgaard et al. (2013). For tiltaget Ændret foder til andet kvæg end malkekvæg blev de samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger beregnet til 3.893 kr./CO₂-ækv opgjort i 2017-priser. De to beregningerne er dog ikke direkte sammenlignelige, idet foderplanerne adskiller sig ret betragteligt fra hinanden som følge af opdateret videngrundlag. Foderplanen i de nuværende beregninger forudsætter en tildeling af fedt i form af rapsfrø på bekostning af byg og halm. Tiltaget i Dubgaard et al. (2013) forudsatte i modsætning til dette en øget tildeling af byg på bekostning af græsensilage.

Tabel 3.4.8. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. 30-årig periode

Velfærds-økonomi	Af- skriv- nin- ger	D&V	Ad- min- istra- tion	Værdi af ændrin- ger i pro- duktion og for- brug*	Værdi af side- effekt er	Forvri- dning	Velfærds- økonomiske omkost-nin- ger i alt	Reduktion af drivhus- gasser inkl. kulstof-bin- ding**	Reduktion af drivhus-gas- ser ekskl. kul- stof-bin- ding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	65	2,6	-74	0	0,26	-9	17	17
2022	0	64	0,4	-76	0	0,04	-12	17	17
2023	0	63	0,4	-76	0	0,04	-13	17	17
2024	0	62	0,4	-75	0	0,04	-14	17	17
2025	0	61	0,4	-75	0	0,04	-14	16	16
2026	0	60	0,4	-75	0	0,04	-15	16	16
2027	0	60	0,4	-75	0	0,04	-15	16	16
2028	0	59	0,4	-75	0	0,04	-15	16	16
2029	0	59	0,4	-74	0	0,04	-16	16	16
2030	0	58	0,4	-74	0	0,04	-16	16	16
2031	0	58	0,4	-74	0	0,04	-16	16	16
2032	0	58	0,4	-75	0	0,04	-17	16	16
2033	0	58	0,4	-75	0	0,04	-17	16	16
2034	0	58	0,4	-76	0	0,04	-17	16	16
2035	0	58	0,4	-76	0	0,04	-18	16	16
2036	0	58	0,4	-77	0	0,04	-18	16	16
2037	0	58	0,4	-77	0	0,04	-19	16	16
2038	0	58	0,4	-77	0	0,04	-19	16	16
2039	0	58	0,4	-78	0	0,04	-19	16	16
2040	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2041	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2042	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2043	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2044	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2045	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2046	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2047	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2048	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2049	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
2050	0	58	0,4	-78	0	0,04	-20	16	16
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	0	1.032	9,1	-1.315	0	0,91	-282	277	277
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								-1.020	

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne knytter sig til de samme punkter som for de budgetøkonomiske beregninger, dvs. hvorvidt fremskrivningen af kvægbestanden og de forudsatte foderpriser vil blive realiseret fremover. Derudover inkluderer reduktionspotentiallet ved tiltaget kun metanreduktion fra dyrenes fordøjelse i forbindelse med foderskiftet. Mulige forøgelser af drivhusgasudledningen pga. øget metan i husdyrgødningen forudsættes imødegået ved udledningsreducerende foranstaltninger i form af afgangning eller forsuring af gylle.

3.4.5. Følsomhedsanalyser

Tiltaget resulterer i følge beregningerne i et driftsøkonomisk overskud for landbruget. Dog vil prisændringer, som ikke er usandsynlige, føre til at der ikke længere er overskud for landmanden ved at ændre fodersammensætningen. Derfor er der her foretaget en følsomhedsanalyse for at vise effekten af prisændringer på CO₂-skyggeprisen. Skyggeprisen påvirkes ikke alene gennem forringede prisrelationer. Fører de forringede prisrelationer til nettoomkostninger for landbruget, skal der beregnes et forvridningstab på 9 procent af disse meromkostninger.

Når gennemsnitsprisen på fodertyperne i perioden 2011-2015 anvendes i hele beregningsperioden, opnår landbruget en beskedne besparelse på 2 kr./dyr, mens skyggeprisen falder til en samfundsøkonomisk gevinst på 98 kr./ton CO₂-ækv. Hvis halm- og bygprisen reduceres med 25 procent i forhold til standardberegningerne, mens den oprindelige rapsprisudvikling fastholdes, vil tiltaget ikke længere resultere i et driftsøkonomisk overskud for landmanden. Her vil der være en omkostning på 16 kr./dyr i 2021 og 5 kr./dyr i 2030. CO₂-skyggeprisen vil i dette tilfælde være 186 kr./ton CO₂-ækv.

Hvis prisen på rapsfrø stiger med 30 procent i forhold til standardberegningerne, vil tiltaget heller ikke længere resultere i et driftsøkonomisk overskud. Her vil omkostningen per dyr være 16 kr. i 2021 og 3 kr. i 2030, og CO₂-skyggeprisen vil være 107 kr./ton CO₂-ækv.

Kombineres et prisfald på halm og byg på 15 procent med en prisstigning på rapsfrø på 15 procent vil der ikke være driftsøkonomisk overskud for landmanden, og omkostningen vil være 20 kr./dyr i 2021 og 8 kr./dyr i 2030. Skyggeprisen stiger i dette tilfælde til 272 kr./ton CO₂-ækv.

Ved de nævnte prisrelationer vil tiltaget således gå fra at være win-win til at medføre samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger, men vil dog fortsat være et forholdsvis billigt virkemiddel til at reducere drivhusgasudledninger i landbruget.

Skyggeprisen er ikke i nævneværdigt omfang følsom over for ændringer i diskonteringsrenten, idet udgifterne for landbruget og tiltagets metanreduktioner finder sted på samme tidspunkter i beregningsperioden. Tiltaget medfører kun beskedne skatteforvridningstab som følge af statens administrationsomkostninger. For landbruget er der ved de forudsatte prisrelationer et driftsøkonomisk overskud og derfor ikke noget afledt skatteforvridningstab. Skyggeprisen er derfor ikke i nævneværdig grad følsom over for ændringer i skatteforvridningssatsen.

Tabel 3.4.9. Resultater af følsomhedsanalyser

	Reduktion CO ₂ -ækv., årligt gennemsnit i perioden 2021-2030	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050
	1.000 ton	Kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning	16	-1.020
'2016'-priser i hele perioden		-98
25 % prisfald på halm og byg		186
30 % prisstigning på raps		107
15 % prisfald på halm og byg i kombination med 15 % prisstigning på raps		272
Diskonteringsrate 0 %		-1.086
Diskonteringsrate 2 %		-1.053
Diskonteringsrate 6 %		-989
Skatteforvridningstab 5 %/4,5 %		-1.022
Skatteforvridningstab 20 %/18 %		-1.017

Kilde: Egne beregninger

3.4.6. Samlet vurdering

Ifølge analysen repræsenterer tiltaget en win-win-løsning, der giver landbruget en gevinst på 13 mio. kr. annuieret, svarende til en nutidsværdi for hele perioden på 221 mio. kr. Den samfundsøkonomiske CO₂-skyggepris bliver dermed negativ. Gevinsten er beregnet til 1.020 kr./ton CO₂-ækv. Beregningsresultaterne gælder under forudsætning af de benyttede prisrelationer. Det skal bemærkes, at gevinsten er beregnet for perioden 2021-2030 under de tidligere omtalte forudsætninger om ændringer i realpriserne på fodermidler.

Følsomhedsberegninger viser, at (moderate) ændringer i de forventede prisrelationer vil betyde, at tiltaget går fra at være en win-win-løsning til at være forbundet med omkostninger. Kombineres et prisfald på byg og halm på 15 procent med en prisstigning på rapsfrø på 15 procent, vil der ikke længere være driftsøkonomisk overskud for landmanden. Omkostningen vil nu være 20 kr./dyr i 2021 og 8 kr./dyr i 2030. Skyggeprisen stiger i dette tilfælde til 272kr./ton CO₂-ækv. Det vil dog fortsat være et forholdsvist billigt virkemiddel til reduktion af drivhusgasudledninger i landbruget.

Da udgifterne for landbruget og tiltagets metanreduktioner falder på samme tidspunkter i beregningsperioden, er tiltagets skyggepris ikke følsomt over for ændringer i diskonteringsrenten.

CO₂-skyggeprisen påvirkes heller ikke nævneværdigt af ændringer i skatteforvridningssatsen. Det skyldes, at der kun er tale om skattefinansiering af et mindre beløb til administration af tiltaget.

Da der alene er tale om ændret fodersammensætning, kræver virkemidlet ikke væsentlige ændringer i produktionsapparatet, og det kan derfor implementeres uden en længere indfasningsperiode. Dog forudsætter den ændrede fodring, at dyrene kan fodres restriktivt, hvilket kan betyde udgifter til ændret opstaldning og fodring. Administrationen af tiltaget repræsenterer en udfordring, idet der skal oprettes en registrerings- og afrapporteringsordning, som viser sammensætningen af fodermidler på de kvægbedrifter, der er omfattet af tiltaget. Det har ikke været muligt at vurdere landmændenes omkostninger ved administration af tiltaget.

I beregningerne er det forudsat, at økologiske producenter er fritaget for regulering, da det må betragtes som urealistisk/prohibitivt dyrt at gennemføre de forudsatte ændringer i fodersammensætningen i den økologiske produktion. En sådan fritagelse vil muligvis kunne give anledning til (politiske) problemer, medmindre det kan påvises, at økologisk kvægproduktion udleder drivhusgasser i mindre omfang end konventionelle producenter. En tilsvarende problemstilling knytter sig til forudsætningen om fritagelse af ammekvægbesætninger.

3.4.7. Referencer

- Dubgaard, A., Laugesen, F. M., Ståhl, L., Bang, J. R., Schou, E., Jacobsen, B. H., ... Jensen, J. D. (2013): *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*. Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 221) http://static-curis.ku.dk/portal/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf
- Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018): *Beregningsmetode til samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler til brug for opnåelse af EU-2030-mål uden for kvotesektor* (Udkast, version 19. januar, 2018)
- Energistyrelsen (2017): *Brændselspriser 2017* (regneark) af d. 5. maj 2017. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsoekonomiske-analysemetoder>
- Jensen, J. D. (2017): *Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030*. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 255). http://static-curis.ku.dk/portal/files/171789712/IFRO_Rapport_255.pdf
- Kristensen, T. (2017): personlig meddelelse, mails d. 9/2-2017 samt d. 25/9-2017, Troels Kristensen/DCA (troels.kristensen@agro.au.dk)
- Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009): *Grove estimater over administrative omkostninger knyttet til FOI's forslag til klimatiltag i landbruget*. Upubliceret notat.
- NaturErhvervstyrelsen (2015): Statistik over Økologiske Jordbrugsbedrifter 2015.
- NorFor (2016): Norfor Search for Feedstuff. <http://feedstuffs.norfor.info/>
- OECD/FAO (2016), "OECD-FAO Agricultural Outlook", *OECD Agriculture statistics* (database). Kan hentes her: <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>
- Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. og Lassen, J. (2018): *Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser*. DCA Rapport (under udarbejdelse).
- Olesen, J.E. (2017): personlig meddelelse, mail med regneark fra DCE d. 30/1-2017 (jeo@agro.au.dk)
- SEGES (2016): Budgetkalkuler (2011, 2012, 2013, 2014, 2015). Kan hentes her: <https://farmtalon-line.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx>

3.5. Nitrifikationshæmmere til handelsgødning

3.5.1. Beskrivelse af virkemiddel

Indhold og omfang

Der har i en årrække været forskellige produkter på markedet, som kan hæmme nitrifikation af ammoniumholdige gødninger, herunder bl.a. kalkammonsalpeter, svovlsur ammoniak, andre N-S gødninger, ammoniumnitrat og flydende N-gødninger (Olesen et al., 2018). Herved mindskes potentialet for denitrifikation og dermed for dannelse af lattergas (op. cit.). Ifølge Olesen et al. (2018) kan der ikke forventes effekter på kvælstofudvaskning eller andre emissioner ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til handelsgødning.²⁷ Den eksisterende viden giver ikke grundlag for at forvente signifikante udbyttetigninger ifm. anvendelse af nitrifikationshæmmere (op. cit.). Tiltaget er alene relevant for konventionelle bedrifter, idet økologiske bedrifter ikke må benytte handelsgødning.

Tiltaget forudsætter, at der indføres krav om, at al ammoniumholdig handelsgødning skal tilsættes nitrifikationshæmmer. Nogle nitrifikationshæmmere indgår i kommercielle produkter, som kan tilsættes flydende kvælstofgødning, mens det for faste (pelletterede) gødninger må antages, at tilsætning af nitrifikationshæmmere (i form af coating) skal ske på gødningsfabrikkerne. Det forudsættes endvidere, at der gennemføres regulering, som vil sikre, at 90 procent af det samlede forbrug af kvælstof i handelsgødning i beregningsperioden vil være i form af ammonium-N. De resterende 10 procent af handelsgødningskvælstoffet forudsættes at være nitratkvælstof uden tilsætning af nitrifikationshæmmere. En fuldstændig dækning af al kvælstofholdig handelsgødning forventes ikke at være realistisk, da plantevæksten kan have fordel af en mindre startpulje af nitrat (Olesen et al., 2018).

Tilsætning af nitrifikationshæmmere til kvælstofholdig handelsgødning vil kunne øge N-tilgængeligheden for planterne i år med forhøjet risiko for tab i forårsperioden, hvilket kan give øget dyrknings-sikkerhed (Olesen et al., 2018). Nitrifikationshæmmere anvendes i beskedent omfang i dag. Det har dog ikke været muligt at kvantificere omfanget af brugen eller den økonomiske værdi af øget dyrkningssikkerhed ved tilsætning af nitrifikationshæmmere, men det må formodes at de landmænd, der i dag anvender nitrifikationshæmmere, oplever en øget dyrkningssikkerhed (op. cit.). Nitrifikationshæmmere i kombination med reduceret jordbearbejdning kan potentielt øge ammoniakfordampningen, men der forventes ingen betydende effekt under danske forhold. (op. cit.).

Det forudsættes, at tiltaget implementeres for sand- og lerjord under ét, da der ikke er et statistisk signifikant grundlag for at indregne jordbundsspecifikke forskelle på effekterne af tiltaget. Beregningsresultater og skyggepriser præsenteres derfor samlet.

Tiltagets reduktionseffekt på lattergasudledningen kan først indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse, når en korregeret emissionsfaktor er dokumenteret (Olesen et al., 2018). Det forventes at tage fem år

²⁷ Det antages, at tilsætning af nitrifikationshæmmere kan give en udvaskningsreduktion ifm. majsdyrkning på sandjord, men i denne sammenhæng forudsættes det, at der alene anvendes husdyrgødning (Olesen et al., 2018).

at dokumentere effekterne (Petersen et al., 2018), og det antages derfor, at tiltaget først kan implementeres i 2024, efter at et måleprogram har været gennemført i perioden 2019-2023.

Tilsætning af nitrifikationshæmmere til ammoniumkvælstof vurderes at koste 2 kr. per kg N (Olesen et al. 2018 samt bekræftet ved rundringning til forhandlere), svarende til en forøgelse af kvælstofprisen med ca. 25 procent. Det vil alt andet lige reducere den optimale kvælstoftildeling per ha. De økonomiske beregninger foregår derfor i to trin, hvor første trin består i at beregne reduktionen i kvælstofforbruget og de emissionsreduktioner, som det giver anledning til for lattergas, N-udvaskning og ammoniakfordampning. Dernæst beregnes effekterne af at tilsætte nitrifikationshæmmere til den resterende kvælstofmængde i den relevante mængde handelsgødning.

Et supplerende scenarie, hvor tiltaget implementeres ved hjælp af regelstyring med kompensation for meromkostninger, er behandlet i et separat kapitel. Her indgår der ingen ændringer i kvælstoftilførslen, da meromkostningerne ved tilsætning af nitrifikationshæmmere forudsættes dækket af kompensationen.

Der er også mulighed for at tilsætte nitrifikationshæmmere til husdyrgødning i form af gylle. Det analyseres som et separat tiltag. Som nærmere begrundet nedenfor vil tiltaget nitrifikationshæmmere til handelsgødningskvælstof ikke blive påvirket nævneværdigt af, om der også stilles krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til husdyrgødning. De følgende beregninger forudsætter derfor ikke en simultan implementering af krav om nitrifikationshæmmere i både handels- og husdyrgødning.

Fremskrivning af forbruget af kvælstofholdig handelsgødning

Som det fremgår af tabel 3.5.1, forventer DCE, at kvælstofforbruget i handelsgødning vil ligge på 275.000 ton kvælstof årligt i perioden 2021-2035 (Olesen et al., 2018). Det er dog kun den ammoniumholdige del af kvælstoffet, som det er relevant at tilsætte nitrifikationshæmmere. Denne gødnings-type udgør i dag ca. 60 procent af kvælstofmængden i handelsgødning (op. cit). Det forudsættes, at andelen af ammonium-N øges til 90 procent af kvælstofmængden gennem regelstyring, svarende til 247.500 ton N. Potentielt skal der således tilsættes nitrifikationshæmmere til 247.500 ton kvælstof på ammoniumform årligt. Kravet om tilsætning af nitrifikationshæmmer betyder, at prisen på ammoniumhandelsgødning øges med 2 kr./kg N. Som nævnt i indledningen vil denne prisstigning reducere den optimale kvælstoftildeling. Inddragelse af denne effekt er beskrevet nedenfor.

Tabel 3.5.1. N-tilførsel ved krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til ammoniumholdig handelsgødning, ton N/år

	Nitrat-N i handelsgødning	Ammonium-N i handelsgødning	Total N i handelsgødning
N-tilførsel i baseline (total-N beregnet af DCE)	110.000 ¹⁾	165.000	275.000
Effekt af krav om 90 % ammonium-N af samlet N-forbrug	27.500	247.500	275.000
Effekt af prisforøgelse på 2 kr./kg N i ammoniumholdig gødning, 4 % reduktion	27.500 ²⁾	237.600	265.100

¹⁾ 40 % af kvælstofforbruget i handelsgødning forudsættes at være nitrat-N, resten ammonium-N.

²⁾ Det forudsættes, at kravet om størst tilladte anvendelse af nitrat-N fastholdes som 10 % af den samlede N-mængde i baseline – dvs. før effekten af prisforøgelsen for ammonium-N.

Kilder: Olesen et al. (2018); Jacobsen (2017a) samt egne beregninger.

Reduktion af kvælstofanvendelsen som følge af højere N-pris ved tilsætning af nitrifikationshæmmere

Et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere forventes som nævnt at øge kvælstofprisen med ca. 2 kr. per kg N i ammoniumholdig kvælstofgødning (dvs. fra omkring 8 kr./kg N til 10 kr./kg N). Det vil alt andet lige formindske den optimale kvælstoftildeling, hvilket vil reducere udbyttet per ha såvel som proteinindholdet i afgrøden. Et eventuelt merudbytte ved anvendelse af nitrifikationshæmmere ville modvirke denne effekt. Ifølge Olesen et al. (2018) viser praktiske forsøg typisk positive tendenser i relation til N-optagelse og udbytte ved anvendelse af nitrifikationshæmmere sammen med ammoniumholdige gødninger, men det er ofte svært at opnå statistisk signifikans i det enkelte markforsøg. Endvidere vil effekten af at anvende nitrifikationshæmmere variere med vejrforhold, som ikke kendes på tidspunktet for gødskning. Derfor er det i praksis vanskeligt at inddrage en eventuel udbytteeffekt i den økonomiske optimering af N-tilførslen. På grund af manglende statistisk signifikans er det valgt ikke at inddrage eventuelle udbytteeffekter i de beregnede ændringerne i optimal kvælstoftilførsel mv.

Den forventede reduktion i kvælstoftildelingen ved forøgelsen af kvælstofprisen med 2 kr./kg N er beregnet ved anvendelse af udbyttefunktioner estimeret ved IFRO (Jacobsen, 2017a og Jacobsen og Ørum, 2016). Baseret på beregninger for vinterhvede og vårbyg vurderes det, at en prisstigning på 2 kr./kg N vil reducere den optimale kvælstoftildeling med 8-10 kg N per ha, svarende til 4-5 procent (Jacobsen, 2017a). For andre afgrøder som f.eks. kløvergræs kan ændringen være mindre (op. cit.).

Man kan dog ikke forvente, at den faktiske reduktion i kvælstoftilførslen vil svare til den beregnede reduktion i den optimale N-tilførsel. Vedtagelsen af landbrugspakken har betydet, at N-normerne i 2016 og 2017 er blevet gradvist forøget til et niveau, der i *gennemsnit* svarer til den økonomisk optimale kvælstoftildeling. Det vurderes imidlertid, at kun 50-60 procent af den tilladte forøgelse er blevet anvendt i både 2016 og 2017 (Jacobsen, 2017a). En del landmænd vurderer åbenbart, at den økonomisk optimale kvælstoftildeling på deres bedrift er lavere end de nationalt fastsatte N-normer og udnytter derfor ikke deres N-kvoter fuldt ud. Andre vurderer formentlig, at den økonomisk optimale kvælstoftildeling på deres bedrift er højere end de nationalt fastsatte N-normer, men de tildelte N-kvoter tillader ikke, at kvælstoftilførslen øges til det optimale niveau. Den lavere kvælstoftildeling på bedrifter, der ligger under normen, modvirkes derfor ikke af de bedrifter, som ligger over normen. Det er derfor sandsynligt, at landbrugets samlede kvælstofforbrug ville være højere, hvis kvælstoftildelingen ikke var reguleret.

Disse forhold betyder, at kvælstoftilførslen næppe vil blive reduceret med de 4-5 procent, som modelberegningerne indikerer, når kvælstofprisen øges med 2 kr./kg N ved krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere. Kun landmænd, der vurderer, at normerne svarer til den økonomisk optimale kvælstoftildeling på deres bedrifter, kan forventes at reducere kvælstofforbruget med de modelberegnedes 4-5 procent. På bedrifter, hvor den optimale kvælstoftildeling ligger under de gældende normer, vil det også være økonomisk fordelagtigt at reducere kvælstofforbruget. Mængdemæssigt vil reduktionen sandsynligvis være noget lavere end den modelberegnedes nedgang i kvælstoftildelingen, da disse bedrifter anvender mindre kvælstof end det modelberegnedes optimalforbrug. Endvidere er der bedrifter, hvor det optimale kvælstofforbrug er højere end det tilladte. Ligger den optimale kvælstoftildeling

mere end 4-5 procent over normen, vil der ikke være et økonomisk incitament til at reducere kvælstofforbruget i forhold til det i dag tilladte, selvom prisen stiger med 2 kr./kg N.²⁸ Også det trækker i retning af en mindre reduktion i kvælstofforbruget end det modelberegnete ved den forudsatte prisstigning.

Husdyrgødningskvælstof kan substituere handelsgødningskvælstof. En prisstigning på handelsgødningskvælstof som følge af krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere vil derfor øge værdien af kvælstoffet i husdyrgødning. Det vil betyde, at den økonomisk optimale tilførsel af husdyrgødningskvælstof per ha vil blive reduceret, og der vil være et økonomisk incitament til at overføre en vis mængde husdyrgødning til arealer, hvor det kan erstatte handelsgødningskvælstof. Denne substitution vil bidrage til en yderligere reduktion i forbruget af handelsgødningskvælstof, ud over den reduktion der skyldes prisstigningen på kvælstof i handelsgødning. Det har ikke været muligt at gennemføre beregninger af substitutionsomfanget, men det må forventes, at det vil være en del lavere, end prisstigningen på kvælstof umiddelbart tilsiger. Det skyldes, at en del husdyrbedrifter har begrænset adgang til harmoniarealer i nærheden af bedriften, samt at der er betydelige omkostninger ved at transportere husdyrgødning. Den øgede værdi af husdyrgødningskvælstof vil således næppe være stor nok til at påvirke husdyrproduktionens størrelse. Derfor forventes mængden af husdyrgødning ikke at blive påvirket væsentligt af et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til handelsgødning, og beregningerne kræver ikke et samtidigt krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til husdyrgødning.

Der er således modsatrettede faktorer, som påvirker størrelsen af nedgangen i forbruget af handelsgødningskvælstof ved den her forudsatte prisstigning på 2 kr./kg N. Som nævnt har det ikke været muligt at kvantificere størrelsen af disse faktorer, men det vurderes, at de tilsammen trækker i retning af en lavere nedgang i det samlede kvælstofforbrug end den modelberegnete reduktion på 4-5 procent. Det skønnes på den baggrund, at et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til 90 procent af kvælstoffet i handelsgødning, som skal være på ammoniumform – og en deraf følgende prisstigning på 2 kr./kg N – vil reducere forbruget af ammoniumkvælstof i handelsgødning med 4 procent.

Tabel 3.5.2 viser den mængde kvælstof, der skal tilsættes nitrifikationshæmmere efter den forudsatte reduktion i forbruget af ammoniumkvælstof på 4 procent. Som det fremgår af tabellen, drejer det sig om 237.600 ton ammonium-N fordelt med knap 133.000 ton på sandjord og 105.000 ton på lerjord. Den samlede nedgang i anvendelsen af ammoniumkvælstof udgør 9.900 ton N.

Fordelingen af ammonium-N-forbruget i handelsgødning er opgjort som 56 procent på sandjord og 44 procent på lerjord (pers. medd., Jens Erik Ørum/IFRO, 2018).

²⁸ I den gældende kvælstofregulering fastsættes N-normerne ud fra den økonomisk optimale N-tildeling. I princippet skulle N-normen derfor reduceres, som følge af den prisstigning på kvælstof et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere medfører. Der er dog ingen miljømæssig begrundelse for en sådan nedsættelse, da tilsætning af nitrifikationshæmmere er en miljøforbedrende foranstaltning, som reducerer drivhusgasudledningen og potentielt vil kunne reducere kvælstofudvaskningen. Det forudsættes derfor, at N-normen ikke nedsættes ifm. en prisstigning på kvælstof, som skyldes krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere.

Tabel 3.5.2. Fremskrivning og potentiale for tilsætning af nitrifikationshæmmere til handelsgødning

	Tidspunkt	Enhed	Effekt	
Fremskrevet mængde N i handelsgødning i alt, 2021-2035	Årligt	ton N	275.000	
Heraf ammonium-N som følge af krav om 90 % af samlet N-forbrug	2030	ton ammonium-N	247.500	
Reduktion af ammonium-N-forbrug pga. omkostninger ved nitrifikationshæmmere	2030	%	4 %	
Mængde der tilsættes nitrifikationshæmmere	2030	ton ammonium-N	237.600	
			Sandjord	Lerjord
Fordeling	2030	ton ammonium-N	133.011	104.589

Kilde: Olesen et al. (2018), Jacobsen (2017a), samt egne beregninger

Driftsøkonomiske konsekvenser af nedgangen i kvælstofanvendelsen ved krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere

Den forudsatte reduktion i kvælstoftildeling vil reducere udbyttet per ha såvel som proteinindholdet i afgrøden. Udbyttetabet i hvede er opgjort til ca. 0,3-0,5 hkg per ha, og proteinprocenten vurderes at falde med ca. 0,2 procentenheder (Jacobsen og Ørum, 2016). Konsekvensen af det lavere udbytte og det lavere proteinindhold er opgjort til et fald i afgrødens værdi på ca. 85 kr. per ha. Nettoomkostningerne for landmanden ved den reducerede kvælstoftildeling kan opgøres til 0,95 kr. per kg N. Når det på trods af dette tab antages, at landmanden vil vælge at reducere N-tildelingen, skyldes det, at besparelsen på nitrifikationshæmmere, der udgør 2 kr. per kg N, overstiger tabet ved den reducerede kvælstoftildeling. N-tildelingen reduceres dermed fra 247.500 ton N til 237.600 ton N, dvs. en reduktion på 9.900 ton N.

Det specifikke driftsøkonomiske tab ved den forudsatte reduktion i kvælstoftildelingen kan opgøres til (0,95 kr./kg N*9.900 ton N) 9,4 mio. kr./år. Dertil kommer omkostningerne på ca. 2 kr. per kg N ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til den resterende del af ammoniumkvælstofforbruget på 237.600 ton, svarende til ca. 475 mio. kr. årligt.

Implementeringsinstrument

Implementering af tiltaget forudsættes at ske ved regelstyring, hvor der stilles krav om, at 90 procent af det anvendte kvælstof i handelsgødning skal være i form af ammonium-N, samt at hele denne mængde skal tilsættes nitrifikationshæmmere. Som nævnt i indledningen forudsættes det, at tiltaget implementeres for alle jordtyper under ét, idet der ikke vurderes at være jordtypespecifikke effekter på lattergasemissioner eller sideeffekter. Det forudsættes, at tiltaget implementeres fuldt ud fra og med 2024, efter at et 5-årigt måleprogram har dokumenteret lattergaseffekterne, så disse kan indgå i den nationale emissionsopgørelse. Et supplerende scenarie, hvor tiltaget implementeres ved hjælp af regelstyring med kompensation for meromkostninger, er behandlet i et separat afsnit.

Konsekvenser

Tabel 3.5.3 nedenfor indeholder et konsekvensskema for tilsætning af nitrifikationshæmmere til det beregnede forbrug af ammoniumholdig handelsgødning. Det forudsættes, at der tilsættes nitrifikationshæmmere til 90 procent af det fremskrevne forbrug af handelsgødningskvælstof svarende til

237.600 ton ammonium-N per år. Nitrifikationshæmmere forventes at mindske lattergasemissionerne fra total-N i handelsgødning efter udbringning med 40 procent (Olesen et al, 2018). Det svarer til en reduktion på 1,87 ton CO₂-ækv. (på både sand- og lerjord) for hvert ton ammonium-N-gødning, der tilsættes nitrifikationshæmmere. Opgjort i forhold til initialforbruget af ammonium-N-gødning på 247.500 ton svarer lattergasreduktionen til 0,21 ton CO₂-ækv./ton N-gødning (eller 0,22 ton CO₂-ækv./ton N-gødning hvis lattergasreduktionen sættes i forhold til det reducerede forbrug på 237.600 ton ammonium-N).

Reduktionen i N-udvaskning og ammoniakfordampning skyldes alene nedgangen i kvælstofforbruget på 9.900 ton ammonium-N. Det svarer til, at udvaskningen nedbringes med 0,2 ton N per ton ammonium-N, som kvælstoftilførslen reduceres med, mens ammoniakreduktionen svarer til 0,015 ton NH₃-N per ton reduceret N-tilførsel (Olesen et al, 2018). Olesen et al. (2018) vurderer, at kalkningsbehovet og dermed CO₂-udledninger fra kalkning vil være uændret.

Landbruget vil ifølge beregningerne have omkostninger på 493 mio. kr. om året fra og med implementeringen af tiltaget i 2024. De annuierede nettoomkostninger for landbruget i hele projektperioden fra 2019-2050 er 414 mio. kr. Staten antages at have annuierede omkostninger på 2 mio. kr.²⁹ Tiltaget vil kunne administreres under det nuværende system for udarbejdelse og kontrol af gødningsregnskaber, hvor det er indkøbet af gødning og ikke udbringningen, der dokumenteres. Hertil vil der være væsentlige udgifter til at tilvejebringe dokumentation for effekterne, estimeret til 35 mio. kr. fordelt over årene 2019-2023. Opgørelsen af disse omkostninger er nærmere beskrevet i afsnittet om budgetøkonomiske omkostninger nedenfor.

Tabel 3.5.3. Konsekvensskema for tilsætning af nitrifikationshæmmere til ammoniumholdig handelsgødning

	Enhed	Tidspunkt	Omfang
Mængde N	1.000 ton	Årligt	275.000
Mængde ammonium-N i tiltag	1.000 ton	Årligt	247.500
Mængde ammonium-N i tiltag tilsat nitrifikationshæmmere	1.000 ton	Årligt	237.600
Mængde ammonium-N, sandjord	1.000 ton	2030	133.011
Mængde ammonium-N, lerjord	1.000 ton	2030	104.589
Mængde ammonium-N, i alt	1.000 ton	2030	237.600
Driftsøkonomiske omkostninger, landbruget	Mio. kr.	Annuiseret	414
Driftsøkonomiske omkostninger, staten	Mio. kr.	Annuiseret	2
Reduktion af lattergas pga. tilsætning af nitrifikationshæmmere	Ton CO ₂ -ækv./ton ammonium-N	Årligt	1,87
Reduktion af lattergas pga. reduceret N-gødningsforbrug	Ton CO ₂ -ækv./ton reduceret ammonium-N	Årligt	0,21
Reduceret kvælstofudvaskning pga. reduceret N-gødningsforbrug	Ton N/ton reduceret ammonium-N	Årligt	0,2
Reduceret ammoniakfordampning pga. reduceret N-gødningsforbrug	Ton NH ₃ -N/ton reduceret ammonium-N	Årligt	0,015

Kilde: Olesen et al. (2018), Jacobsen og Ørum (2016), Jacobsen (2017a) samt egne beregninger

²⁹ Administrationsomkostningerne er baseret på en vurdering af Landbrugsstyrelsen, februar 2018 (pers. medd. Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen, 2018).

Tabel 3.5.4 viser reduktionen i lattergasemissionerne som følge af tilsætning af nitrifikationshæmmere, mens tabel 3.5.5 beskriver emissionseffekterne af den afledte reduktion i forbruget af handelsgødningskvælstof. Som det fremgår af tabel 3.5.4, giver tilsætning af nitrifikationshæmmere i sig selv en lattergasreduktion svarende til 444.300 ton CO₂-ækv. på årsbasis. Dertil kommer effekten af den afledte reduktion i forbruget af handelsgødningskvælstof på 9.900 ton ammonium-N, der bidrager med en yderligere lattergasreduktion svarende til 51.926 ton CO₂-ækv./år. Det betyder, at den samlede effekt af virkemidlet bliver en drivhusgasreduktion på 496.238 ton CO₂-ækv./år fra og med 2024. Nedgangen i kvælstofforbruget tegner sig dermed for godt 10 procent af den samlede drivhusgasreduktion som følge af virkemidlet.

Tabel 3.5.4. Emissionseffekter for lattergas ved virkemidlet Tilsætning af nitrifikationshæmmer til handelsgødning

	Enhed	Sandjord	Lerjord	Totalpotentiale
Tilført ammonium-N i handelsgødning efter pristilpasning	Ton ammonium-N	133.011	104.589	237.600
Lattergasreduktion sfa. nitrifikationshæmmere (1,87 kg CO ₂ -ækv pr. kg ammonium-N)	Ton CO ₂ -ækv.	248.731	195.581	444.312
Lattergasreduktion sfa. reduceret N-tilførsel	Ton CO ₂ -ækv.			51.926
Lattergasreduktion i alt	Ton CO₂-ækv.			496.238

Kilde: Olesen et al. (2018) samt egne beregninger.

Tabel 3.5.5 giver en mere detaljeret beskrivelse af emissionsreduktionerne som følge af nedgangen i kvælstofforbruget. Som det fremgår af tabellen, er lattergasreduktionen på 51.926 ton CO₂-ækv./år fordelt på 47.050 ton CO₂-ækv. som følge af det reducerede kvælstofforbrug, mens en lattergasreduktion svarende til 4.876 ton CO₂-ækv. skyldes reduceret N-udvaskning som følge af det nedsatte kvælstofforbrug. Udvasningsreduktionen er på 1.980 ton N fra rodzonen. Dertil kommer en reduktion i ammoniakfordampningen på 149 ton NH₃-N per år.

Tabel 3.5.5. Emissionseffekter afledt af reduktion i forbruget af handelsgødningskvælstof

	Lattergas-reduktion, ton CO ₂ -ækv./år	Udvasnings-reduktion, ton N/år	Reduktion i ammoniak-fordampning, ton NH ₃ -N/år
Lattergasreduktion sfa. reduceret N-tilførsel	47.050		
Reduktion i NH ₃ -N-fordampning			149
Reduktion i N-udvaskning		1.980	
Reduktion i N ₂ O fra reduceret N-udvaskning	4.876		
I alt	51.926	1.980	149

Kilde: Olesen et al. (2018) samt egne beregninger.

Bidrag til målopfyldelse

Tiltagets effekter er ikke bekræftet på dansk jord, men reduktionseffekten på drivhusgasudledningerne kan indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse, når en korregeret emissionsfaktor (Tier II-niveau) er dokumenteret (Olesen et al., 2018). Implementering af danske emissionsfaktorer forudsætter også dokumentation for nationale emissionsfaktorer for ubehandlet gødning, hvilket forventes at kunne ske vha. et måleprogram i perioden 2019-2023.

Tidshorisont

Tiltaget forudsættes implementeret fra 2024, således at der tilsættes nitrifikationshæmmere til det samlede forbrug af ammonium-N i handelsgødning i 2024 og i resten af beregningsperioden. Som nævnt ovenfor, skal der tilvejebringes dokumentation for effekterne, før virkemidlet kan implementeres.

Barrierer

Det virker ikke sandsynligt, at der skulle være væsentlige tekniske problemer forbundet med implementering af tiltaget, da den krævede teknologi er kendt, ligesom tiltaget som udgangspunkt vil kunne administreres gennem det nuværende system for udarbejdelse og kontrol af gødningsregnskaber. Det kræves som nævnt, at tiltagets effekter bliver bekræftet på dansk jord, før reduktionseffekten på drivhusgasudledningen kan indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse.

Overlap og synergieffekter

Ifølge Olesen et al. (2018) kan brugen af nitrifikationshæmmere i kombination med reduceret jordbearbejdning potentielt medføre øget ammoniakfordampning, men effekten er ikke opgjort. Der er ikke grundlag for at antage, at der skulle være væsentlige overlap eller synergieffekter i relation til virkemidlet Tilsætning af nitrifikationshæmmere til flydende husdyrgødning.

3.5.2. Opgørelse af klimaeffekter

Datagrundlag

Emissionsdata er opgjort i Olesen et al. (2018).

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren

Tiltaget vil alene påvirke udledningen af lattergas. Gennemgangen af virkemidlets konsekvenser ovenfor viser, at den samlede effekt af virkemidlet er en drivhusgasreduktion på godt 496.000 ton CO₂-ækv./år fra og med 2024. Reduktionen er fordelt med 444.000 ton CO₂-ækv. som følge af tilsætning af nitrifikationshæmmere til kvælstofgødning og 52.000 ton CO₂-ækv. som følge af reduceret tilførsel af kvælstofgødning. Den samlede reduktionsopgørelse fremgår af tabel 3.5.6.

I IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013) blev reduktionseffekten ved at tilsætte nitrifikationshæmmere opgjort til 1,78 ton CO₂-ækv./ton N – mod 1,87 ton CO₂-ækv./ton N i nærværende analyse. De øgede forventninger til reduktionseffekten skyldes ny viden (Olesen et al., 2018). Det samlede reduktionspotentiale blev i Rapport 221 beregnet til 335.000 ton CO₂-ækv./år. Forskellen skyldes også, at der i indeværende scenarie regnes med en nedgang i kvælstofgødningsforbruget grundet pristigningen på kvælstof som følge af krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere.

Tabel 3.5.6. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline, sand- og lerjord

	Drivhusgasser i alt med kulstofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kulstofbinding*	Lattergas (N ₂ O)
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	0	0	0
2022	0	0	0
2023	0	0	0
2024	496	496	496
2025	496	496	496
2026	496	496	496
2027	496	496	496
2028	496	496	496
2029	496	496	496
2030	496	496	496
2031	496	496	496
2032	496	496	496
2033	496	496	496
2034	496	496	496
2035	496	496	496
2036	496	496	496
2037	496	496	496
2038	496	496	496
2039	496	496	496
2040	496	496	496
2041	496	496	496
2042	496	496	496
2043	496	496	496
2044	496	496	496
2045	496	496	496
2046	496	496	496
2047	496	496	496
2048	496	496	496
2049	496	496	496
2050	496	496	496
Akkumuleret 2021-2030	3.474	3.474	3.474
Gennemsnit 2021-2030	347	347	347
Gennemsnit 2031-2050	496	496	496

Kilde: Olesen et al. (2018) samt egne beregninger

Usikkerheder

Der er ingen dansk dokumentation af nitrifikationshæmmeres effekt på lattergasudledningen. De her anvendte estimater er baseret på udenlandske undersøgelser (Olesen et al., 2018). Reduktionseffekten kan indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse, når en korrigeret emissionsfaktor er dokumenteret (op. cit.). Dette forhold giver en vis usikkerhed om størrelsen af reduktionspotentialet. Der er endvidere usikkerhed omkring langtidseffekten på lattergasudledningen, dvs. hvorvidt nitrifikationshæmmere har den samme effekt over lange tidshorisonter som fundet i de undersøgelser, der ligger til grund for det her anvendte reduktionspotential (op. cit.). Derfor er der foretaget en følsomhedsanalyse af effekten på skyggeprisen ved en halvering af reduktionspotentialet. Resultatet af analysen findes sidst i kapitlet. Derudover er der usikkerhed omkring fremskrivningen af handelsgødningsforbruget.

Opgørelse af sideeffekter

Ammoniakfordampning:

Brugen af nitrifikationshæmmere vil øge andelen af ammoniak, der potentielt kan fordampe fra marken. Risikoen for dette er lav med de nuværende gødningsregler, og det forventes ikke at have en effekt af betydning (Olesen et al., 2018). Brugen af nitrifikationshæmmere og reduceret jordbearbejdning i kombination kan dog potentielt øge ammoniakfordampningen, men risikoen for dette vurderes som værende lav (op. cit.).

Reduktionen i gødningsforbruget vil reducere ammoniakfordampningen med i alt 149 ton $\text{NH}_3\text{-N}$.

Kvælstofudvaskning fra rodzonen:

Kvælstofudvaskningen vil blive reduceret med 1.980 ton N som følge af reduktionen i kvælstofforbruget (Olesen et al., 2018).

Fosfor og pesticidanvendelse samt biologiske effekter:

Der forventes ingen sideeffekter med hensyn til fosfor eller pesticidanvendelse (Olesen et al., 2018). Samfundsmæssig accept af brug af nitrifikationshæmmere til fødevareproduktion må forventes at kræve forsøgsmæssig dokumentation af risici for udvaskning og biologiske effekter (op. cit.).

3.5.3. Budgetøkonomiske effekter

Berørte aktører

Tiltaget berører konventionelle planteavlere og i mindre grad konventionelle husdyrbedrifter, der anvender kvælstofholdig handelsgødning. Tiltaget er ikke relevant for økologiske bedrifter, idet der her ikke må benyttes handelsgødning.

Opgørelse af budgetøkonomi

I det følgende gennemgås driftsøkonomien ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til handelsgødning. Nitrifikationshæmmere anvendes i beskedent omfang i dag, og det må formodes, at de landmænd, der anvender nitrifikationshæmmere, oplever en øget dyrkningssikkerhed (Olesen et al., 2018). Der er dog ikke noget, som tyder på, at der er et væsentligt økonomisk incitament til at anvende nitrifikationshæmmere i handelsgødning.

I IFRO's rapport nr. 221 (Dubgaard et al., 2013) blev ekstraomkostningen ved tilsætning af nitrifikationshæmmere opgjort til 2,3 kr. per kg N (2017-priser), hvor prisen i indeværende beregninger som nævnt er 2 kr. per kg N. Prisen ved tilsætning per kg N er således nedjusteret med ca. 13 procent i indeværende beregninger baseret på nye brancheoplysninger.

Omkostningsberegningerne er baseret på de forudsatte priser samt en fremskrivning af N-gødningsforbruget foretaget af DCE. Forbruget antages at være konstant i perioden 2021-2035 og derefter (Olesen et al., 2018). I beregningerne benyttes doseringen for nitrifikationshæmmeren DMPP, der er angivet til 1 procent af kvælstoftilførslen, svarende til størrelsesordenen 1 kg/ha (op. cit.). Et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmer vil som nævnt øge kvælstofprisen med i størrelsesordenen 25 procent under de anvendte forudsætninger om priserne på hhv. kvælstof (ca. 8. kr./kg) og nitrifikationshæmmere. Det vil alt andet lige reducere den optimale kvælstoftildeling per ha. De økonomiske konsekvenser af denne reduktion er gennemgået i afs. 5.1.1.

Tabel 3.5.7-9 viser de budgetøkonomiske meromkostninger ved brug af nitrifikationshæmmere i de 90 procent af kvælstofhandelsgødningen, som gennem tiltaget forudsættes at være ammonium-N. Som det fremgår af tabel 3.5.7 og 3.5.8, er de annuierede driftsøkonomiske omkostninger for landbruget beregnet til 414 mio. kr. i alt for perioden. Nutidsværdien af landbrugets omkostninger ved tiltaget er opgjort til 7,2 mia. kr.

Som det fremgår af tabel 3.5.9, vurderes det, at statens merudgifter ved at administrere tiltaget vil være 2 mio. kr., dog kun i startåret (pers. medd. Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen, 2018), svarende til en nutidsværdi på 1,7 mio. kr. Det skal i den forbindelse tages i betragtning, at administrationen forventes at ske under det nuværende system for kontrol af gødningsregnskaber. Derudover vil staten have udgifter til måleprogrammet til at dokumentere nitrifikationshæmmers effekter. Omkostningen til måleprogrammet er af DCA estimeret til 50 mio. kr. for både nitrifikationshæmmere til handels- og husdyrgødning og programmet vurderes at tage fem år (Petersen et al., 2018). Baseret på andelen af ammonium-N i handels- hhv. husdyrgødning i forhold til totalmængden ammonium-N, forudsættes 35 af de 50 mio. kr., som måleprogrammet vurderes at koste, at være relateret til nitrifikationshæmmere til handelsgødning. Disse fordeles ligeligt på årene 2019-2023. Da der er større mængder ammonium-N i indeværende tiltag end i tiltaget for husdyrgødning, er måleprogramomkostningerne højere i indeværende tiltag.

Tabel 3.5.7. Budgetøkonomiske omkostninger for berørte aktørgrupper, 2017-priser, 30-årig periode.

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	7	0
2020	7	0
2021	7	0
2022	7	0
2023	7	0
2024	2	493
2025	0	493
2026	0	493
2027	0	493
2028	0	493
2029	0	493
2030	0	493
2031	0	493
2032	0	493
2033	0	493
2034	0	493
2035	0	493
2036	0	493
2037	0	493
2038	0	493
2039	0	493
2040	0	493
2041	0	493
2042	0	493
2043	0	493
2044	0	493
2045	0	493
2046	0	493
2047	0	493
2048	0	493
2049	0	493
2050	0	493
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	35	2.632
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	35	7.160
Annuitet for perioden 2021-2030*	4	324
Annuitet for perioden 2021-2050*	2	414

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.5.8. Landbrug. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	Invest- ering	Afskriv- ninger	Tilsætning af nitrifikation- shæmmere	Produk- tionstab	Produkt- ions- indtæg- ter	Bespa- relser	Afgifter og skatter (netto)	Tilskud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2025	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2026	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2027	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2028	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2029	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2030	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2031	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2032	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2033	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2034	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2035	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2036	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2037	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2038	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2039	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2040	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2041	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2042	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2043	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2044	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2045	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2046	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2047	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2048	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2049	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
2050	0	0	484	9	0	0	0	0	0	493
Netto-nutidsværdi for perioden 2021- 2030*	0	0	2.581	50	0	0	0	0	0	2.63 2
Netto-nutidsværdi for perioden 2021- 2050*	0	0	7.023	137	0	0	0	0	0	7.16 0
Annuitet for perio- den 2021-2030*	0	0	318	6	0	0	0	0	0	324
Annuitet for perio- den 2021-2050*	0	0	406	8	0	0	0	0	0	414

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.5.9. Staten. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Stat (mio. kr.)	Invest- ering	Af- skrivni nger	D&V	Admini- stration	Tilskuds- udgift	Be- sparelse r	Afgifts- og skatte- provenu+ bruger- betaling (netto)	Målepro- gram	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2020	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2021	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2022	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2023	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2024	0	0	0	2	0	0	0	0	2
2025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2031	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2032	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2033	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2034	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2035	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2036	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2037	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2038	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2039	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2040	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2041	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2042	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2043	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2044	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2045	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2046	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2047	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2048	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2049	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2050	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Netto-nutidsværdi for peri- oden 2021-2030*	0	0	0	2	0	0	0	33	35
Netto-nutidsværdi for peri- oden 2021-2050*	0	0	0	2	0	0	0	33	35
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	0	0,2	0	0	0	4	4
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	0	0,1	0	0	0	2	2

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne i de budgetøkonomiske beregninger knytter sig primært til de priser, der kan forventes på nitrifikationshæmmere i beregningsperioden. I Danmark er forbruget af nitrifikationshæmmere beskedent. Implementering af tiltaget kan forventes at reducere prisen i et vist omfang som følge af stordriftsfordele og øget konkurrence.

Den forøgelse af N-prisen, som tilsætning af nitrifikationshæmmere medfører, vil gøre det økonomisk fordelagtigt at reducere kvælstofforbruget i beskedent omfang, her opgjort til 4 procent. I forbindelse med den kommende målrettede regulering af kvælstofudledningerne, vil en del landmænd formentlig vælge at gå ned i gødningsmængde for at opfylde kravene om reduceret udledning. Hvis de i den sammenhæng reducerer N-tilførslen til mindst 4 procent under optimum, så kan den forudsatte prisstigning på N ved tilsætning af nitrifikationshæmmere ikke forventes at føre til en yderligere sænkning af N-tilførslen. Denne usikkerhed omfatter dog ret små mængder kvælstof.

Endelig knytter der sig usikkerhed til den ændring af markedsforholdene, som et krav om nitrifikationshæmmere i kvælstofgødning vil fremkalde. Det må antages, at tilsætning af nitrifikationshæmmere skal ske på gødningsfabrikker, medmindre der er tale om flydende kvælstofgødning. Det vil givetvis reducere antallet af gødningsleverandører, som dansk landbrug vil have til rådighed – og dermed begrænse dansk landbrugs muligheder for at købe N-gødning til de lavest mulige priser på verdensmarkedet. Dermed kan prisstigningen i praksis blive mere end 2 kr./kg N. Dette vurderes dog ikke som realistisk under de givne markedsforhold, hvor nitrifikationshæmmere sælges i flere lande.

Der udføres til sidst i kapitlet følsomhedsanalyser af skyggeprisen ved prisreduktioner, halvering af lattergasreduktionspotentialet samt andre faktorer.

Derudover er der usikkerheder knyttet til omfanget af statens administrationsomkostninger.

3.5.4. Velfærdsøkonomiske effekter

Værdi af sideeffekter, der kan prissættes

Opgørelse af de samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger ved anvendelse af nitrifikationshæmmere kræver, at sideeffekter værdisættes i det omfang, det er muligt. De relevante sideeffekter opstår pga. reduktionen i gødningsforbruget og udgøres af reduceret kvælstofudvaskning svarende til 1.980 ton N samt en reduktion i ammoniakfordampningen på 149 ton NH₃-N.

Den samfundsøkonomiske værdi af kvælstofudvaskningsreduktionen afhænger af skyggeprisen på udvaskningsreduktioner, dvs. de (marginale) samfundsmæssige omkostninger ved at reducere kvælstofudvaskningen fra rodzonen. Der findes et lavt og et højt estimat af skyggeprisen på hhv. 25 kr./kg N og 60 kr./kg N udledt fra rodzonen inklusive NAF (Jacobsen, 2017b). Ved en samfundsmæssig skyggepris på 25 kr./kg N repræsenterer udvaskningsreduktionen en årlig gevinst for samfundet på 50 mio. kr. ved tiltagets fulde implementering i 2024 og frem. Det svarer til 719 mio. kr. i nutidsværdi. Benyttes den høje skyggepris på 60 kr./kg N, øges nutidsværdien af den reducerede kvælstofudvaskning til 1,7 mia. kr.

Den samfundsøkonomiske skyggepris på ammoniakfordampning er 58 kr./kg NH₃-N. Med en reduktion i ammoniakfordampningen på 149 ton bliver den årlige samfundsmæssige værdi af denne sideeffekt 8,6 mio. kr. fra 2024 og frem. Det giver en nutidsværdi på 128 mio. kr.

Opgørelse af forvridningseffekter

Der indregnes et skatteforvridningstab på 10 procent af statens omkostninger til administration og måleprogram forhøjet med NAF (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Nutidsværdien af forvridningstabet er beregnet til 4,6 mio. kr.

Tiltaget medfører øgede omkostninger i landbruget. Ifølge beregningsforudsætningerne kan landbruget ikke overvælte de øgede omkostninger i prisen på landbrugsvarer, da markedet for landbrugsvarer er globalt. De øgede omkostninger vil dermed reducere indtjening i landbruget, hvilket reducerer statens skatteprovenu. Det forudsættes kompenseret ved en forhøjelse af bundskatten. Forvridningstabet ved denne skatteforhøjelse beregnes som 9 procent af omkostningerne for landbruget opgjort i faktorpriser (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Dette forvridningstab er beregnet til 644 mio. kr. i nutidsværdi. Samlet set er forvridningstabet ved tiltaget således 649 mio. kr. i nutidsværdi.

Opgørelse af velfærdsøkonomi

I tabel 3.5.10 ses de beregnede samfundsøkonomiske omkostninger ved et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til 90 procent af kvælstofforbruget i handelsgødning og en samtidig nedgang i forbruget af ammonium-N-gødning på 4 procent. I de samfundsøkonomiske omkostninger indgår landbrugets meromkostninger ved tilsætning af nitrifikationshæmmere, nettotabet ved reduceret udbytte og proteinindhold som følge af reduktionen i kvælstoftilførslen, forvridningstabet som følge af disse meromkostninger, samt statens merudgifter til administration og måleprogram samt forvridningstabet af disse. Hertil kommer den samfundsmæssige værdi af reduceret kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning som følge af reduktionen i gødningsforbruget.

Nutidsværdien af de samlede samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger er beregnet til 10,2 mia. kr. eksklusive værdien af den reducerede kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning. Inklusive sideeffekter er den samlede samfundsøkonomiske omkostning ved tiltaget opgjort til knap 9,5 mia. kr. i nutidsværdi. Ved den høje skyggepris på kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N reduceres nutidsværdien af omkostningerne inklusive sideeffekter til 8,5 mia. kr.

Den samfundsmæssige CO₂-skyggepris uden sideeffekter er beregnet til 1.413 kr./ton CO₂-ækv., mens skyggeprisen inklusive sideeffekter bliver 1.296 kr./ton CO₂-ækv. ved den lave N-udvaskningsskyggepris på 25 kr./kg N. Benyttes den høje N-udvaskningsskyggepris på 60 kr./kg N fås en CO₂-skyggepris på 1.157 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter.

Tabel 3.5.10. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. 30-årig periode

Velfærdsøkonomi	Afskrivninger	Tilsætning af nitrifikationshæmmere	Administration	Værdi af ændringer i produktion og forbrug*	Værdi af sideeffekter	Forvridning	Velfærdsøkonomiske omkostninger i alt	Reduktion af drivhusgasser inkl. kulstofbinding**	Reduktion af drivhusgasser ekskl. kulstofbinding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	9	9	0	1	10	0	0
2020	0	0	9	9	0	1	10	0	0
2021	0	0	9	9	0	1	10	0	0
2022	0	0	9	9	0	1	10	0	0
2023	0	0	9,1	9	0	1	10	0	0
2024	0	641	3	15	-58	45	643	496	496
2025	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2026	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2027	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2028	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2029	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2030	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2031	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2032	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2033	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2034	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2035	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2036	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2037	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2038	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2039	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2040	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2041	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2042	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2043	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2044	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2045	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2046	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2047	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2048	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2049	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
2050	0	641	0	12	-58	44	640	496	496
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	0	9.306	46,3	227	-844	649	9.338	7.204	7.204
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 25 kr./kg N								1.296	
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 60 kr./kg N								1.157	
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								1.413	

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne knytter sig som tidligere nævnt til prisen på nitrifikationshæmmere, som pt. udgør et lille marked i Danmark, fremskrivningen af N-handelsgødningens mængde, som ligger til grund for tiltagets reduktionspotentiale samt omfanget af statens administrationsomkostninger. Endvidere er der usikkerhed omkring nitrifikationshæmmernes effekter på lattergasudledningerne (Olesen et al., 2018).

3.5.5. Følsomhedsanalyser

I tabel 3.5.11 nedenfor ses resultaterne af følsomhedsanalyser på CO₂-skyggeprisen inkl. sideeffekter. Der er foretaget analyser af følsomheden over for ændringer i prisen på nitrifikationshæmmere og reduktionspotentialet ved brugen af dem. Et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmer til 90 procent af kvælstoffet i handelsgødning kan som tidligere nævnt antages at give stordriftsfordele, som vil føre til prisfald på nitrifikationshæmmere. CO₂-skyggeprisen er beregnet ved et fald i prisen på nitrifikationshæmmere på hhv. 10, 25 og 50 procent, hvor et prisfald på 50 procent nok må betegnes som urealistisk. Følsomhedsanalysen tager ikke højde for den reduktion i kvælstofforbruget, som omkostningerne ved tilsætning af nitrifikationshæmmer giver anledning til.

CO₂-skyggeprisen inkl. sideeffekter (ved den lave N-udvaskningsskyggepris på 25 kr./kg N) vil med et fald i prisen på nitrifikationshæmmere på 10 procent blive reduceret til 610 kr./ton CO₂-ækv. Ved et 25 procent fald i prisen på nitrifikationshæmmere vil CO₂-skyggeprisen være 414 kr./CO₂-ækv., mens et fald på 50 procent reducerer CO₂-skyggeprisen til 86 kr./ton CO₂-ækv.

Da der er usikkerhed omkring nitrifikationshæmmernes (langtids)effekt på udledningen af lattergas, udføres også en følsomhedsanalyse med hensyn til tiltagets reduktionspotentiale. Nederst i tabellen ses nutidsværdien af drivhusgasreduktionerne i beregningsperioden, når reduktionspotentialet på 1,87 kg CO₂-ækv./kg ammonium-N reduceres med 50 procent. I kraft af den reducerede nævner stiger CO₂-skyggeprisen til 1.291 kr./ton CO₂-ækv. Denne følsomhedsanalyse tager alene højde for effekten af nitrifikationshæmmere på direkte lattergasudledninger og dermed ikke indirekte lattergasudledninger som følge af reduceret kvælstofudvaskning på sandjord eller reduktionen i lattergas som følge af et reduceret gødningsforbrug pga. prisstigningen. Prisstigninger på nitrifikationshæmmere vil påvirke skyggeprisen i samme retning som reduktioner i lattergasreduktionspotentialet.

Tabel 3.5.11 viser også CO₂-skyggepriserne ved den høje skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N.

Som det ses, ændres skyggeprisen ikke nævneværdigt ved ændringer i diskonteringsrenten, da langt hovedparten af omkostningerne og gevinsterne i form af emissionsreduktioner optræder sideløbende gennem beregningsperioden. Skyggeprisen påvirkes moderat af ændringer i forudsætningen om skatteforvridningstab, idet landbruget har meromkostninger ved tiltaget i dette scenarie, og dette har en afledt effekt på landbrugets skattebetalinger.

Tabel 3.5.11. Resultater af følsomhedsanalyser

	Samlet skyggepris med sideeffekter, 2021-2050 (25 kr./kg N)	Samlet skyggepris med sideeffekter, 2021-2050 (60 kr./kg N)
	Kr./ton CO ₂ –ækv.	Kr./ton CO ₂ –ækv.
Basisberegning	1.296	1.157
Pris -10 %*	1.176	1.036
Pris 25 %*	969	829
Pris -50 %*	624	484
Diskonteringsrente 0 %	1.311	1.171
Diskonteringsrente 2 %	1.312	1.172
Diskonteringsrente 6 %	1.316	1.176
Skatteforvridningstab 5 %/4,5 %	1.269	1.129
Skatteforvridningstab 20 %/18 %	1.404	1.264
N ₂ O -50 %*	2.378	2.126

*Ekskl. effekt på gødningsforbrug.

**50 % reduktion af den direkte lattergasreduktion ved tilsætning af nitrifikationshæmmere, dvs. direkte og indirekte lattergasreduktion som følge af 4 % reduktion af gødningstilførsel.

Kilde: Egne beregninger

3.5.6. Kompensationsscenarium

Implementering af tiltaget vil kunne sikres ved de samme implementeringskrav som i standardscenariet, dvs. regelstyring, men hvor landbruget får kompensation³⁰ svarende til omkostningerne ved at anvende nitrifikationshæmmere, dvs. 2 kr./kg N. Det skal bemærkes, at der er forskel på ydelse af kompensation og tilskud som implementeringsinstrument. Ved anvendelse af tilskud som incitament til en adfærdsændring – i dette tilfælde tilsætning af nitrifikationshæmmere til kvælstofgødning – vil der være usikkerhed om implementeringsomfanget. Kombinationen af regelstyring og kompensation sikrer, at det fastsatte implementeringspotentiale bliver realiseret.

Da landmanden i dette scenarie ikke har omkostninger ved at tilsætte nitrifikationshæmmere, vil der ikke være incitament til at reducere kvælstoftilførslen. Det relevante er således de 90 procent af N-gødningsmængden i baseline, der udgøres af ammoniumkvælstof, dvs. 247.500 ton N. Da gødningsforbruget ikke reduceres, er der ingen reduktioner i kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning i dette scenarie.

Staten vil have højere administrationsomkostninger i dette scenarie, da kompensationsbetalingerne kræver yderligere administration. Landbrugsstyrelsen vurderer, at det vil øge de administrative omkostninger til i gennemsnit 4 mio. kr. i initialomkostninger samt i gennemsnit 30 mio. kr. i årlige omkostninger, baseret på Landbrugsstyrelsens estimat på 3-5 mio. kr. hhv. 10-50 mio. kr. (pers. medd. Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen, 2018).

³⁰ Med hensyn til muligheden for at kompensere ifm. et lovkrav vedr. nitrifikationshæmmere, skal det bemærkes, at det inden for den nuværende EU Landdistriktsforordning er hovedreglen, at der kun kan ske kompensation af frivillige indsatser. Det er uvist, hvad regelgrundlaget herfor vil være efter 2020, hvor den nuværende EU-reformperiode udløber (pers. medd., Erik Nielsen/Landbrugsstyrelsen).

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren

Som det ses i tabel 3.5.12 nedenfor, vil lattergasreduktionerne i dette scenarie være 463.000 ton CO₂-ækv. per år fra og med 2024. Tilsætning af nitrifikationshæmmere reducerer, som i standardscenariet, lattergasudledningen med 1,87 ton CO₂-ækv. per ton ammonium-N tilført.

Tabel 3.5.12. Reduktioner af lattergas

	Enhed	Sandjord	Lerjord	Totalpotentiale
Tilført ammonium-N i handelsgødning efter pristilpasning	Ton ammonium-N	138.553	108.947	247.500
Lattergasreduktion, direkte (1,87 kg CO ₂ -ækv pr. kg ammonium-N)	Ton CO ₂ -ækv.	259.095	203.730	462.825

Kilde: Olesen et al. (2018)

Da gødningsforbruget ikke bliver reduceret i dette scenarie og forbruget dermed er 247.500 ton ammonium-N, vil der være lavere lattergasreduktioner i forhold til regelstyringsscenariet, hvor de totale reduktioner er 496.000 ton CO₂-ækv. årligt. Tabel 3.5.13 nedenfor viser reduktionerne i hvert år i beregningsperioden.

Tabel 3.5.13. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline, sand- og lerjord

	Drivhusgasser i alt med kulstof- binding*	Drivhusgasser i alt uden kul- stofbinding*	N ₂ O
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	0	0	0
2022	0	0	0
2023	0	0	0
2024	463	463	463
2025	463	463	463
2026	463	463	463
2027	463	463	463
2028	463	463	463
2029	463	463	463
2030	463	463	463
2031	463	463	463
2032	463	463	463
2033	463	463	463
2034	463	463	463
2035	463	463	463
2036	463	463	463
2037	463	463	463
2038	463	463	463
2039	463	463	463
2040	463	463	463
2041	463	463	463
2042	463	463	463
2043	463	463	463
2044	463	463	463
2045	463	463	463
2046	463	463	463
2047	463	463	463
2048	463	463	463
2049	463	463	463
2050	463	463	463
Akkumuleret 2021- 2030	3.240	3.240	3.240
Gennemsnit 2021- 2030	324	324	324
Gennemsnit 2031- 2050	463	463	463

Kilde: Olesen et al. (2018) samt egne beregninger

Opgørelse af sideeffekter

Da gødningsmængden ikke reduceres i dette scenarie, indgår der ikke længere en reduktion i kvælstofudvaskning eller ammoniakfordampning.

Budgetøkonomiske beregninger

Beregningsresultaterne for landbruget ses i tabel 3.5.14. Som følge af forudsætningen om kompensation for de beregnede omkostninger vil landbruget ikke have meromkostninger ved tiltaget i dette scenarie. Der vil således ikke være noget incitament til at nedsætte kvælstoftilførslen, i modsætning til scenariet uden kompensation.

Tabel 3.5.15 viser, at staten vil have annuierede budgetøkonomiske udgifter på 450 mio. kr., hvilket primært drejer sig om kompensationsbetalinger. Nutidsværdien af statens udgifter er beregnet til 7,8 mia. kr. Ud over udgifterne til selve kompensationsbetalingerne, vil der i dette scenario være større omkostninger til administration pga. kompensationsbetalingerne. Initialomkostningerne til forberedelsen af administration, som falder i beregningens første år, er i dette scenario vurderet at være mellem 3-5 mio. kr. Derudover vurderes det, at der vil være årlige administrationsomkostninger til udbetaling, kontrol mv. på mellem 2-10 procent af det samlede kompensationsbeløb. Disse er dog foreløbige estimater behæftet med store usikkerheder og betinget af en række forudsætninger og antagelser om administrationen af en sådan kompensationsordning – herunder finansieringen af ordningen, tilskuddets størrelse, krav til kontrol, automatiseringsgrad mv. Et præcist tal kan derfor ikke opgøres på nuværende tidspunkt (pers. medd. Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen, 2018). I beregningerne er der taget udgangspunkt i en initialomkostning på 4 mio. kr. og årlige administrationsomkostninger på 30 mio. kr. (op. cit.).

Tabel 3.5.14. Landbruget. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter ved anvendelse af tilskudsinstrument, 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	Invest- ering	Afskriv- ninger	Tilsætning af nitrifikations- hæmmere	Produk- tions- tab	Produk- tions- indtægter	Besparel-ser af fx energi, gødning	Afgifter og skatter (netto)	Kompe- n-sa- tion	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2025	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2026	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2027	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2028	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2029	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2030	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2031	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2032	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2033	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2034	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2035	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2036	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2037	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2038	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2039	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2040	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2041	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2042	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2043	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2044	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2045	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2046	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2047	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2048	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2049	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
2050	0	0	504	0	0	0	0	-504	0	0
Netto- nutidsværdi for perioden 2021- 2030*	0	0	2.689	0	0	0	0	-2.689	0	0
Netto- nutidsværdi for perioden 2021- 2050*	0	0	7.316	0	0	0	0	-7.316	0	0
Annuitet for peri- oden 2021-2030*	0	0	332	0	0	0	0	-332	0	0
Annuitet for peri- oden 2021-2050*	0	0	423	0	0	0	0	-423	0	0

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.5.15. Staten. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter ved anvendelse af regelstyring og kompensation, 2017-priser

Stat (mio. kr.)	Invest- ering	Afskriv- ninger	D&V	Ad- mini- stra- tion	Kompen- sations- udgift	Be- sparel- ser	Afgifts- og skatte- provenu+ bruger- betaling (netto)	Målepro- gram	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2020	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2021	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2022	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2023	0	0	0	0	0	0	0	7	7
2024	0	0	0	34	504	0	0	0	538
2025	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2026	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2027	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2028	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2029	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2030	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2031	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2032	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2033	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2034	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2035	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2036	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2037	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2038	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2039	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2040	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2041	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2042	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2043	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2044	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2045	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2046	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2047	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2048	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2049	0	0	0	30	504	0	0	0	534
2050	0	0	0	30	504	0	0	0	534
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	0	163	2.689	0	0	33	2.886
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	0	439	7.316	0	0	33	7.788
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	0	20	332	0	0	4	356
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	0	25	423	0	0	2	450

Kilde: Egne beregninger

3.5.6.1. Samfundsøkonomiske beregninger

I de samfundsøkonomiske beregninger indgår landbrugets driftsomkostninger ved tiltaget eksklusive kompensation, statens udgifter til administration og måleprogram samt skatteforvridningstab af disse tillige med skatteforvridningstab som følge af statens kompensationsbetalinger.

Da landbruget ikke vil have meromkostninger ved tiltaget pga. kompensationen, beregnes der ikke forvridningstab for landbruget. Derimod indgår en samfundsøkonomisk omkostning i form af et skatteforvridningstab på 10 procent af statens udgifter til kompensation, administration og udgifter til måleprogram plus NAF, svarende til 1 mia. kr. i nutidsværdi. Dette skal sammenlignes med forvridningstab på 649 mio. kr. i standardscenariet, hvor staten ikke har udgifter til kompensation, men hvor et forvridningstab på 9 procent af landbrugets meromkostninger indregnes.

Resultaterne af de samfundsøkonomiske beregninger ses i tabel 3.5.16. De samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger er i dette scenarie 11,4 mia. kr. i nutidsværdi. Som det fremgår, vil forudsætningen om kompensation forøge CO₂-skyggeprisen med i størrelsesordenen 300-500 kr./ton CO₂-ækv. til 1.689 kr./ton CO₂-ækv. Det skyldes primært det øgede forvridningstab, højere administrationsomkostninger ved kompensationsordningen, den mindre lattergasreduktion, samt at der ikke er nogen sideeffekter i dette scenarie.

Tabel 3.5.16. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser ved anvendelse af regelstyring og kompensation. 30-årig periode

Velfærds- økonomi	Afskrivninger	Tilsætning af nitrifikation- shæmmere	Administra- tion og måle- program	Værdi af ændrin- ger i produk- tion og forbrug*	Værdi af side- effekter	Forvrid- ning	Velfærds økonomi- ske om- kost- ninger i alt	Reduktion af drivhus- gasser inkl. kulstof-bin- ding**	Reduktion af drivhus- gasser ekskl. kul- stof-bin- ding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	9	9	0	1	10	0	0
2020	0	0	9	9	0	1	10	0	0
2021	0	0	9	9	0	1	10	0	0
2022	0	0	9	9	0	1	10	0	0
2023	0	0	9	9	0	1	10	0	0
2024	0	668	45	45	0	71	784	463	463
2025	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2026	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2027	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2028	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2029	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2030	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2031	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2032	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2033	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2034	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2035	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2036	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2037	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2038	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2039	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2040	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2041	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2042	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2043	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2044	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2045	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2046	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2047	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2048	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2049	0	668	40	40	0	71	778	463	463
2050	0	668	40	40	0	71	778	463	463
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	0	9.693	626	626	0	1.032	11.351	6.719	6.719
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								1.689	

Kilde: Egne beregninger

3.5.6.2. Følsomhedsanalyser for kompensationsscenarium

Tabel 3.5.17 viser resultaterne af følsomhedsanalyser for scenariet med kompensation til landbruget for meromkostninger. Der er ingen sideeffekter i scenariet. Som i standardscenariet reduceres CO₂-skyggeprisen ved forudsætning om fald i prisen på nitrifikationshæmmere. Derimod er skyggeprisen kun en smule følsom over for ændringer i diskonteringsrenten, da omkostninger og gevinster falder nogenlunde samtidigt gennem beregningsperioden. Skyggeprisen er, som i standardscenariet, følsom over for ændringer i skatteforvridningssatsen, idet der er større skatteforvridningstab i forbindelse med kompensation af landbrugets meromkostninger. En reduktion i lattergasreduktionspotentiallet på 50 procent øger skyggeprisen til knap det dobbelte. Prisstigninger på nitrifikationshæmmere vil påvirke skyggeprisen i samme retning som reduktioner i lattergasreduktionspotentiallet

Tabel 3.5.17. Resultater af følsomhedsanalyser

	Samlet skyggepris, 2021-2050
	Kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning	1.689
Pris -10 %*	1.531
Pris 25 %*	1.293
Pris -50 % *	896
Diskonteringsrente 0 %	1.686
Diskonteringsrente 2 %	1.688
Diskonteringsrente 6 %	1.692
Skatteforvridningstab 5 %/4,5 %	1.613
Skatteforvridningstab 20 %/18 %	1.843
N ₂ O -50 %	3.379

*Ekskl. effekt på gødningsforbrug

Kilde: Egne beregninger

3.5.7. Samlet vurdering

Reduktionspotentialle:

Tiltaget forudsættes implementeret ved anvendelse af regelstyring, som indebærer, at 90 procent af kvælstoffet i handelsgødning tilsættes nitrifikationshæmmer. I standardscenariet uden kompensation forudsættes en nedgang i gødningsforbruget på 4 procent. Det vurderes at, tilsætning af nitrifikationshæmmere kan mindske de direkte lattergasemissioner fra handelsgødning med 40 procent sammen med indirekte lattergasreduktioner som følge af reduceret gødningsforbrug svarende til 496.000 ton CO₂-ækv. på årsbasis. I scenariet med kompensation til landbruget reduceres gødningsforbruget ikke. Det begrænser reduktionen i lattergasudledningerne til 463.000 ton CO₂-ækv. på årsbasis. Der kræves yderligere dokumentation, før tiltagets reduktionseffekt på lattergasudledningen kan indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse. Det forudsættes at blive opfyldt ved gennemførelse af et måleprogram i perioden 2019-2013. Implementering af tiltaget forudsættes at kunne ske i 2024.

Budgetøkonomiske omkostninger:

Landbrugets omkostninger ved tilsætning af nitrifikationshæmmer vurderes at være 2 kr./kg N, hvilket vil forøge kvælstofprisen med ca. 25 procent og dermed reducere den optimale kvælstoftilførsel. I standardscenariet uden kompensation er de annuierede driftsøkonomiske omkostninger for landbruget beregnet til 414 mio. kr., som udgøres af omkostningerne ved tilsætning af nitrifikationshæm-

mere samt det driftsøkonomiske tab som følge af reduceret kvælstoftilførsel. Nutidsværdien af landbrugets omkostninger er opgjort til 7,2 mia. kr. for perioden 2021-2050. Statens udgifter til administration er sat til 2 mio. kr., som kun optræder i startåret 2024. Skønnet er baseret på, at administrationen af tiltaget kan indgå i den nuværende kontrol af gødningsregnskaber.

I scenariet med kompensation vil landbruget ikke opleve meromkostninger ved tiltaget, mens staten vil have udgifter svarende til 7,8 mia. kr. i nutidsværdi for perioden 2021-2050, svarende til annuise-rede omkostninger på 450 mio. kr.

Samfundsøkonomiske omkostninger:

I standardscenariet uden kompensation er der på grund af nedgangen i gødningsforbruget en kvælstofudvaskningsreduktion på 1.980 kg N og en reduceret ammoniakfordampning på 149 ton NH₃-N. Der findes to estimater af den samfundsmæssige skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen: 25 kr./kg N og 60 kr./kg N. Ved den lave skyggepris repræsenterer disse sideeffekter i standardscenariet en gevinst for samfundet på 50 mio. kr. årligt. Det svarer til 719 mio. kr. i nutidsværdi. Benyttes den høje skyggepris på 60 kr./kg N, udgør nutidsværdien af den reducerede kvælstofudvaskning 1,7 mia. kr. Udvasningsreduktionen yder således et ikke uvæsentligt bidrag til dækning af de samfundsmæssige omkostninger ved tilsætning af nitrifikationshæmmere i scenariet med kompensation. De samfundsøkonomiske nettoomkostninger er beregnet til knap 9,5 mia. kr. i nutidsværdi inkl. værdien af reduceret kvælstofudvaskning ved den lave værdi på 25 kr./kg N. Ved den høje værdi på 60 kr./kg N reduceres de samfundsøkonomiske omkostninger til 8,5 mia. kr. Uden sideeffekter udgør omkostningerne knap 10,2 mia. kr.

I kompensationsscenariet reduceres gødningsforbruget ikke, hvorfor der ikke optræder sideeffekter i form af reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen eller reduceret ammoniakfordampning. I kompensationsscenariet er nettoomkostningerne for samfundet beregnet til 11,4 mia. i nutidsværdi. De højere samfundsøkonomiske omkostninger i kompensationsscenariet skyldes primært større skatteforvridningsomkostninger ifm. finansieringen af kompensationen til landbruget, højere administrationsomkostninger, samt at scenariet ikke medfører sideeffekter.

CO₂-skyggeprisen:

I scenariet uden kompensation er den samfundsmæssige CO₂-skyggepris uden sideeffekter beregnet til 1.413 kr./ton CO₂-ækv. Skyggeprisen inkl. sideeffekter er 1.296 kr./ton CO₂-ækv. ved den lave N-udvaskningsskyggepris på 25 kr./kg N. Benyttes den høje N-udvaskningsskyggepris på 60 kr./kg N fås en CO₂-skyggepris på 1.157 kr./ton CO₂-ækv. inkl. sideeffekter.

I kompensationsscenariet er skyggeprisen beregnet til 1.689 kr./ton CO₂-ækv. Der er som nævnt ingen sideeffekter i dette scenarie. Stigningen i skyggeprisen i forhold til standardscenariet skyldes som tidligere nævnt primært øgede forvridningsomkostninger pga. skattefinansiering af kompensationsbetalingerne.

Usikkerheder:

Der er ingen dansk dokumentation af nitrifikationshæmmers effekt på lattergasudledningen, og effekten kan derfor først indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse, når en emissionsfaktor er dokumenteret. Endvidere er der usikkerhed omkring langtidseffekten på lattergasudledningen. I de økonomiske beregninger knytter usikkerheden sig primært til fastlæggelse af prisen på nitrifikationshæmmere

i beregningsperioden. Et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til 90 procent af kvælstoffet i handelsgødning må antages at give stordriftsfordele, som i et vist omfang vil føre til prisfald på nitrifikationshæmmere. Effekterne af prisfald er beskrevet nedenfor under følsomhedsanalyser. Endvidere knytter der sig usikkerhed til den ændring af markedsforholdene, som tiltaget vil medføre. Et krav om nitrifikationshæmmere i handelsgødningskvælstof vil givetvis begrænse antallet af gødningsleverandører, som dansk landbrug vil have til rådighed – og dermed mulighederne for at købe N-gødning til de lavest mulige priser på verdensmarkedet.

Følsomhedsberegninger:

Der er foretaget analyser af CO₂-skyggeprisens følsomhed over for ændringer i prisen på nitrifikationshæmmere – her vist for den lave N-udvaskningsskyggepris på 25 kr./kg N. Et fald i prisen på nitrifikationshæmmere på 10 procent vil reducere CO₂-skyggeprisen i standardscenariet til 1.176 kr./ton CO₂-ækv. Ved et 25 procents prisfald vil CO₂-skyggeprisen være 969 kr./CO₂-ækv., mens et fald på 50 procent reducerer CO₂-skyggeprisen til 624 kr./ton CO₂-ækv. Ved tilsvarende prisreduktioner med en høj skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning falder CO₂-skyggeprisen til hhv. 1.036, 829 og 484 kr./ton CO₂-ækv. Skyggeprisen er ikke følsom over for ændringer i diskonteringsrenten. Ved en reduktion i den generelle skatteforvridningssats til 5 procent og den landbrugsspecifikke forvridning til 4,5 procent reduceres skyggeprisen til 1.269 kr./ton CO₂-ækv., mens en stigning i den generelle hhv. landbrugsspecifikke forvridning til 20 hhv. 18 procent øger skyggeprisen til 1.404 kr./ton CO₂-ækv. ved den lave skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning. Ved den høje skyggepris på 60 kr./kg N falder CO₂-skyggeprisen til 1.129 kr./ton CO₂-ækv. ved de lave skatteforvridningssatser, mens den stiger til 1.264 kr./ton CO₂-ækv. ved de høje skatteforvridningssatser.

I kompensationsscenariet reduceres skyggeprisen til 1.531 kr./ton CO₂-ækv. ved et fald i prisen på nitrifikationshæmmere på 10 procent, mens et prisfald på 25 procent reducerer skyggeprisen til 1.293 kr./ton CO₂-ækv. En halvering af prisen ville resultere i en skyggepris på 896 kr./ton CO₂-ækv. Skyggeprisen er også i dette scenarie følsom over for ændringer i forudsætninger om skatteforvridningssatsen.

Forudsættes en halvering af nitrifikationshæmmernes effekt på lattergasudledninger stiger skyggeprisen i standardscenariet til 2.378 kr./ton CO₂-ækv. inkl. sideeffekter (25 kr./kg N), mens den i kompensationsscenariet stiger til 3.379 kr./ton CO₂-ækv.

3.5.8. Referencer

Dubgaard, A., Laugesen, F. M., Ståhl, L., Bang, J. R., Schou, E., Jacobsen, B. H., ... Jensen, J. D. (2013): *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*. Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 221) http://static-curis.ku.dk/portal/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf

Energi, Forsynings- og Klimaministeriet (2018): *Beregningsmetode til samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler til brug for opnåelse af EU-2030-mål uden for kvotesektor* (Udkast, version 19. januar, 2018))

Jacobsen, B. H. (2017a): *Konsekvens af højere N-pris i relation til implementering af nitrifikationshæmmere*, 20. november 2017, Notat, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.

Jacobsen, B. H. (2017b): *Beregning af kvælstofskyggepris med udgangspunkt i Fødevarer- og Landbrugspakken*, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet (IFRO Udredning 2017/08). https://curis.ku.dk/ws/files/179405531/IFRO_Udredning_2017_08.pdf

Jacobsen, B. H., & Ørum, J. E., (2016): *Erhvervsøkonomisk analyse af reduktioner af kvælstofnormer i landbruget*, 13 s., feb. 22, 2016. (IFRO Udredning 2016/10). http://curis.ku.dk/ws/files/160887424/IFRO_Udredning_2016_10.doc.pdf

Lentz, A. H. (2018): personlig meddelelse, mail d. 11. februar 2018, Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen (adhlen@lbst.dk)

Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. og Lassen, J. (2018): *Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser*. DCA Rapport (under udarbejdelse).

Petersen, S. O., L. Elsgaard, S. Gyldenkerne, N. Hutchings, I. S. Kristensen, P. E. Lærke (2018): Vedr. 2.07 "Niveau af emissioner på danske jordtyper afhængig af anvendelse af forskellige gødningstyper sammenlignet med IPCC standarder". Notat. Aarhus Universitet.

Ørum, J. E. (2018): personlig meddelelse, mail med regneark d. 19/1-2018 samt d. 3/5-2018, Jens Erik Ørum/IFRO (je@ifro.ku.dk)

3.6. Nitrifikationshæmmere til husdyrgødning

3.6.1. Beskrivelse af virkemiddel

Indhold og omfang

Der har i en årrække været produkter på markedet, som kan hæmme omdannelsen af ammoniumkvælstof til nitrat. Vandopløselige nitrifikationshæmmere kan tilsættes flydende husdyrgødning/gylle, mens det næppe er realistisk at anvende nitrifikationshæmmere til fast husdyrgødning (Olesen et al., 2018). Nitrifikationshæmmere kan anvendes i bioafgasset gylle.

Ved tilsætning af nitrifikationshæmmere mindskes potentialet for denitrifikation og dermed for dannelse af lattergas (Olesen et al., 2018). Hidtil er der kun påvist reduktioner i udvaskningen af kvælstof på sandjord, hvor der dyrkes majs (op. cit.). Ifølge Olesen et al. (2018) er der ikke effekter på andre emissioner. Tilsætning af nitrifikationshæmmere til gylle vil dog øge andelen af ammoniak, der potentielt kan fordampe fra marken, men med gældende regler for udbringning af husdyrgødning forventes der ikke et øget ammoniaktab (op. cit.). Heller ikke ved reduceret jordbearbejdning eller slangeudlægning af gylle i vintersæd forventes der markante effekter på ammoniaktabet (op. cit.). Ifølge Olesen et al. (2018) er der ikke grundlag for at forvente signifikante udbyttestigninger ifm. anvendelse af nitrifikationshæmmere.

Det forudsættes, at tiltaget implementeres gennem regelstyring i form af et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til al konventionel gylle (økologiske dyrkningsregler tillader ikke tilsætning af nitrifikationshæmmere). Beregningerne er foretaget for sand- og lerjord hver for sig, i modsætning til tiltaget Nitrifikationshæmmere til handelsgødning. Det skyldes, at nitrifikationshæmmere som nævnt reducerer kvælstofudvaskningen ved anvendelse af gylle til majs på sandjord, mens der ikke forventes nogen udvaskningseffekt på lerjord uanset afgrøde.

Tiltagets reduktionseffekt på lattergasudledningen kan først indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse, når en korregeret emissionsfaktor er videnskabeligt dokumenteret (Olesen et al., 2018). Et måleprogram til dette formål forventes at tage fem år (Petersen et al., 2018). Det forudsættes, at måleprogrammet finder sted i perioden 2019-2023, og at tiltaget implementeres i 2024.

Ud over standardscenariet indeholder analysen et såkaldt compensationsscenario, hvor tiltaget ligeledes implementeres ved hjælp af regelstyring, men med fuld kompensation for de omkostninger, som tiltaget påfører landbruget. Compensationsscenariet er beskrevet i et separat kapitel.

Eventuel effekt af tilsætningskrav på mængden af husdyrgødning

I modsætning til tiltaget om nitrifikationshæmmere til handelsgødning forventes det ikke, at tilførslen af gylle reduceres som følge af et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmer. Husdyrgødning er et biprodukt, der fremkommer i forenet produktion med de forskellige primærprodukter fra husdyrproduktionen, i praksis i et fast mængdeforhold. Mængden af husdyrgødning er derfor bestemt af husdyrproduktionens størrelse, og den skal udbringes på landbrugsarealer i overensstemmelse med gældende krav. Værdien af plantenæringsstofferne i husdyrgødning er bestemt af prisen på de tilsvarende næringsstoffer i handelsgødning samt omkostningerne ved transport og udbringning af husdyrgødning. Et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til husdyrgødning/gylle øger derfor ikke i sig

selv ”prisen” på kvælstoffet i husdyrgødning, eller økonomien i at anvende husdyrgødning i planteavl.³¹ Tilsætningskravet vil derfor kun påvirke den producerede gyllemængde, hvis omkostningerne ved opfyldelse af kravet fører til en nedgang i husdyrproduktionen som følge af forringet rentabilitet.³²

Omkostningerne for det konventionelle husdyrbrug ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til gylle er beregnet til 226 mio. kr. om året. Principielt må det forventes at føre til en (marginal) reduktion i husdyrproduktionen og dermed i gyllemængden. Denne effekt er ikke søgt kvantificeret, men det antages, at den vil være beskednen.

Fremskrivning af gylleproduktionen

Dosering (og lattergaseffekter) af nitrifikationshæmmere sker i forhold til mængden af ammonium-N i gyllen (Olesen et al., 2018). DCE har fremskrevet mængden af ammonium-N ab lager i den samlede produktion af husdyrgødning fordelt på dyrekategorier (pers. medd. Jørgen E. Olesen/DCA2017). Mængden af fast og flydende husdyrgødning (gylle) er opgjort under ét. Da det kun er relevant at tilsætte nitrifikationshæmmere til gylle, er der behov for at beregne, hvordan den samlede mængde ammonium-N i husdyrgødningen er fordelt på gylle og fast gødning. Denne opdeling er foretaget på basis af oplysninger om gyllens andel af den samlede gødningsmængde for de enkelte husdyrkategorier (op. cit.).

Tiltaget er ikke relevant for økologiske bedrifter, da de økologiske dyrkningsregler ikke tillader anvendelse af nitrifikationshæmmere. Derfor er det nødvendigt at trække den mængde ammonium-N, der stammer fra økologiske bedrifter, fra den samlede mængde ammonium-N i gylleproduktionen, beregnet som beskrevet ovenfor. DCE’s fremskrivning af ammonium-N og gødningstyper er imidlertid ikke opdelt på økologisk og konventionel husdyrproduktion. IFRO har derfor foretaget en opdeling, der er baseret på skøn fra DCA over udviklingen i den økologiske husdyrbestand frem til 2030, hvor det skønnes, at andelen af økologiske malkekøer og økologisk kvæggylle udgør 25 procent (Olesen et al., 2018).

Det vurderes, at der alene for kvægholdet er behov for at opdele gyllen i en konventionel og økologisk del. Antagelsen bygger på, at gylleproduktionen fra andre økologiske husdyr inklusive svin er – og også fremover må forventes at være – ret beskednen i forhold til de konventionelle gyllemængder. Det skyldes bl.a. økologireglernes krav om, at søer og smågrise skal holdes på friland, hvor der ikke er mulighed for opsamling af gødning og urin.

Opdelingen af ammonium-N fra kvæg i beregningsperioden er baseret på en beregnet fordeling af kvægbestanden på økologiske og konventionelle dyr. Økologisk malkekvæg udgjorde knap 10 procent af den samlede malkekvægbestand i 2015 (NaturErhvervstyrelsen, 2015). Som nævnt ovenfor, forventer Olesen et al. (2018) at denne andel er steget til 25 procent i 2030. Efter 2030 holdes bestanden konstant. Det antages endvidere, at kvælstofmængden i gylleproduktionen fra kvægholdet har

³¹ Antagelsen ser bort fra en evt. forbedring af kvælstofudnyttelsen ved tilsætning af nitrifikationshæmmere, da der som omtalt ikke er datagrundlag for at kvantificere en sådan effekt.

³² Der ses bort fra en eventuel omlægning af gødningssystemer fra gylle til fast gødning og omlægning til økologi, som hver især vil føre til fritagelse fra et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmer.

samme fordeling som malkekobestanden på hhv. konventionel og økologisk drift (pers. medd. Troels Kristensen, DCA, 2017). Den således beregnede mængde ammonium-N i økologisk kvæggylle fratrækkes den samlede mængde ammonium-N i landbruget. Differencen udgør den samlede mængde ammonium-N i konventionel gylle i perioden.

Som det ses i tabel 3.6.1, er mængden af ammonium-N i konventionel gylle fremskrevet til 111.000 ton i 2030. Det er til denne mængde, det er relevant at tilsætte nitrifikationshæmmere. Tiltagets implementeringsinstrument, regelstyring, forudsættes at sikre, at hele mængden bliver tilsat nitrifikationshæmmere. Det forudsættes, at tiltaget først implementeres i 2024, da effekterne ved nitrifikationshæmmere som tidligere nævnt skal dokumenteres yderligere ved et måleprogram i perioden 2019-2023.

Hvad udvaskning angår, forventes tilsætning af nitrifikationshæmmere kun at have en reducerende effekt på udvaskningen fra sandjord ved majsdyrkning. Derfor er der foretaget specifikke beregninger for de N-mængder fra husdyrgødning, der anvendes på hhv. sand- og lerjord (75 og 25 procent) (pers. medd. Jens Erik Ørum/IFRO, 2018). Beregningsresultater og skyggepriser præsenteres separat for hhv. sand- og lerjord.

Tabel 3.6.1. *Fremskrivning af potentiale for tilsætning af nitrifikationshæmmere til konventionel gylle*

	Tidspunkt	Enhed	Omfang	
Fremskrevet mængde ammonium-N i gylle i alt	2030	Ton	123.408	
Fremskrevet mængde ammonium-N i konventionel gylle	2030	Ton	110.929	
			Sandjord	Ler-jord
Andel med nitrifikationshæmmere i 2030	Årligt	%	100 %	
Fordeling af gylletilførsel på jordtyper	Årligt	%	75 %	25 %
Mængde ammonium-N tilsat nitrifikationshæmmere	2030	Ton	83.387	27.542

Kilde: Olesen et al. (2018), pers. medd. Jørgen E. Olesen/DCA (2017), pers. medd. Troels Kristensen/DCA (2017), pers. medd. Jens Erik Ørum (2018) samt egne beregninger

Implementeringsinstrument

Tiltaget forudsættes implementeret ved regelstyring, dvs. krav om tilsætning af nitrifikationshæmmere til al konventionel gylle fra 2024 og frem. Som nævnt er påbuddet kun relevant for den konventionelle gyllemængde, da økologiske dyrkningsregler ikke tillader tilsætning af nitrifikationshæmmere. Derudover indeholder analysen et såkaldt kompensationsscenario, hvor tiltaget ligeledes implementeres ved hjælp af regelstyring, men med fuld kompensation for de omkostninger, som tiltaget påfører landbruget. Kompensationsscenarioet er beskrevet i et separat kapitel.

Konsekvenser

Tabel 3.6.2 viser konsekvenserne af tilsætning af nitrifikationshæmmere til den samlede produktion af konventionel gylle. Det forudsættes, at gyllemængden er fordelt med 75 procent på sandjord og 25 procent på lerjord (pers. medd. Jens Erik Ørum, 2018). Dette vil reducere den direkte lattergasudledning med 1,87 kg CO₂-ækv./kg N uanset jordtype. På lerjord vil den totale reduktion dermed være

51.500 ton CO₂-ækv./år. På sandjord vil den direkte lattergasreduktion være knap 156.000 ton CO₂-ækv./år. Derudover vil der for den mængde ammonium-N, der udbringes til majs på sandjord, være en indirekte lattergasreduktion på 0,25 kg CO₂-ækv./kg NH₃-N, hvilket svarer til knap 6.000 ton CO₂-ækv./år. I gennemsnit er den totale effekt af nitrifikationshæmmere på sandjord således 1,94 kg CO₂-ækv./kg NH₃-N. Samlet set vil lattergasudledningerne på sandjord være knap 162000 ton CO₂-ækv./år. I alt reduceres lattergasudledningerne med 213.000 ton CO₂-ækv./år for de to jordtyper.

Hvad udvaskning af kvælstof angår, forudsættes der som nævnt kun en effekt på sandjord ved anvendelse af gylle til majs. Her forventes en reduktion i kvælstofudvaskningen fra rodzonen på 0,1 ton N/ton tilført NH₃-N i husdyrgødning (Olesen et al., 2018). Sandjordsarealet med konventionel majsdyrkning er opgjort af Jens Erik Ørum ved IFRO (pers. medd., 2018) og mængden gylle-N per ha der tildeles majs på sandjord er 232 kg N/ha for JB1 og 248 kg N/ha på JB4 i Petersen et al. (2018). På denne baggrund er mængden N i husdyrgødning tildelt sandjord med majs beregnet til knap 32.000 ton N. Med en plantetilgængelighed på 75 procent er den relevante mængde ammoniumkvælstof knap 24.000 ton NH₃-N. Den årlige reduktion i kvælstofudvaskning fra sandjord med majsdyrkning er dermed beregnet til knap 2.400 ton N ved rodzonen.

Tabel 3.6.2 viser endvidere, at landbrugets annuierede driftsøkonomiske omkostninger ved tiltaget udgør i alt 143 mio. kr. for den mængde ammonium-N, der udbringes på sandjord, og 47 mio. kr. for den mængde der udbringes på lerjord. Det vurderes af Landbrugsstyrelsen, at staten vil have samlede annuierede omkostninger til administration af tiltaget og måleprogram på omtrent 0,7 mio. kr. for sandjord, 0,2 mio. kr. for lerjord og 1 mio. kr. i alt.³³ Opgørelsen af administrationsomkostningerne er forbundet med betydelig usikkerhed.

Tabel 3.6.2. Konsekvensskema for tilsætning af nitrifikationshæmmere til konventionel gylle

	Enhed	Tidspunkt	Omfang		
			Sand-jord	Ler-jord	I alt
Mængde ammonium-N i gylle	ton	2030	83.387	27.542	110.929
Driftsøkonomiske omkostninger, landbruget	Mio. kr.	Annuiseret	143	47	190
Driftsøkonomiske omkostninger, staten	Mio. kr.	Annuiseret	0,7	0,2	1,0
Direkte reduktion af lattergas pga. tilsætning af nitrifikationshæmmere	Ton CO ₂ -ækv./ton ammonium-N	Årligt	1,87	1,87	
Indirekte reduktion af lattergas pga. reduceret kvælstofudvaskning	Ton CO ₂ -ækv./ton ammonium-N	Årligt	0,25		
Reduceret kvælstofudvaskning (kun majs på sandjord)	kg N/kg ammonium-N tilført	Årligt	0,10		

Kilde: Olesen et al. (2018), pers. medd. Jørgen E. Olesen/DCA (2017) pers. medd. Jens Erik Ørum/IFRO (2018), pers. medd. Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen samt egne beregninger

³³ Administrationsomkostningerne er baseret på en vurdering foretaget af Landbrugsstyrelsen, februar 2018 (pers. medd. Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen, 2018). Der er gjort nærmere rede for opgørelsen af statens omkostninger til hhv. administration og gennemførelse af måleprogram til at dokumentere tiltagets drivhusgaseffekter i afsnittet om budgetøkonomiske omkostninger.

Tabel 3.6.3 viser tiltagets effekter på lattergasemissioner, kvælstofudvaskning samt de beregnede effekter ved tiltagets fulde implementering.

Tabel 3.6.3. Tiltagets samlede effekter på drivhusgasemissioner og nitratudvaskning i 2030

	Enhed	Sandjord	Lerjord	Totalpotentiale
Potentiale, ammonium-N i gylle i 2030	Ton	83.387	27.542	110.929
Lattergasreduktion, direkte (1,87 kg CO ₂ -ækv pr. kg TAN)	Ton CO ₂ -ækv.	155.934	51.503	207.437
N-udvaskningsreduktion ved majs på sandjord (10 % af ammonium-N)	Ton N	2.398		2.398
Lattergasreduktion fra reduceret N-udvaskning ved majs på sandjord	Ton CO ₂ -ækv.	5.910		5.910
Lattergasreduktion i alt (direkte + indirekte)	Ton CO ₂ -ækv.	161.844	51.503	213.347

Kilde: Olesen et al. (2018), pers. medd. Jørgen E. Olesen/DCA (2017), pers. medd. Jens Erik Ørum/IFRO (2018) (2018), Petersen et al. (2018) samt egne beregninger

Bidrag til målopfyldelse

Tiltagets effekter er ikke bekræftet på dansk jord, men reduktionseffekten kan indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse, når en korrigeret emissionsfaktor (tier II) er videnskabeligt dokumenteret (Olesen et al., 2018). Implementering af danske emissionsfaktorer forudsætter også dokumentation for nationale emissionsfaktorer for ubehandlet gødning, hvilket forventes at kunne dokumenteres vha. et måleprogram i perioden 2019-2023, hvorefter tiltaget kan implementeres fra 2024.

Tidshorisont

Tiltaget forudsættes implementeret med det fulde potentiale fra og med 2024. Før virkemidlet kan implementeres, skal der i perioden 2019-2023 tilvejebringes dokumentation for effekterne jf. afsnittet ovenfor.

Barrierer

Det virker ikke sandsynligt, at der skulle være større tekniske problemer forbundet med implementering af tiltaget, da den krævede teknologi er kendt.

Overlap og synergieffekter

Ifølge Olesen et al. (2018) kan brugen af nitrifikationshæmmere i kombination med reduceret jordbearbejdning potentielt medføre øget ammoniakfordampning, men effekten er ikke opgjort. Der er heller ikke dokumenteret en bedre kvælstofudnyttelse med højere udbytter til følge. Hvad udvaskning angår, påvirker nitrifikationshæmmere primært udvaskningsrisikoen i forårsperioden. Derfor forventes tiltaget ikke at påvirke effekten af andre udvaskningsreducerende virkemidler som efter- eller mellemafgrøder eller tidlig såning (op. cit.). Der er ikke umiddelbart grund til at antage, at der skulle være overlap eller synergieffekter i relation til virkemidlet om anvendelse af nitrifikationshæmmere i handelsgødning.

3.6.2. Opgørelse af klimaeffekter

Datagrundlag

Emissionsdata er opgjort i Olesen et al. (2018).

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren

Hvad drivhusgasser angår, forudsættes tiltaget alene at påvirke udledningen af lattergas. Direkte lattergasemissioner vil blive reduceret med 4 g N₂O per kg tilført total-N i gylle, der tilsættes nitrifikationshæmmer, svarende til 1,87 ton CO₂-ækv. per ton ammonium-N i gyllen (Olesen et al. 2018). Som det ses af tabel 3.6.4, reduceres emissionerne på lerjord med knap 51.503 ton CO₂-ækv./år.

På sandjord reduceres lattergas, som følge af selve tilsætningen af nitrifikationshæmmere, med 155.934 ton CO₂-ækv./år. Derudover vil der på sandjord være en indirekte reduktion af lattergas i kraft af den reducerede kvælstofudvaskning ved anvendelse af gylle til majs. Mængden af ammonium-N, som kan påvirke kvælstofudvaskning, er, på baggrund af den tilførte mængde N til majs på sandjord på 31.968 ton NH₃-N/år og en plantetilgængelighed på 75 procent, opgjort til 23.976 ton NH₃-N/år. Den reducerede kvælstofudvaskning fra majs på sandjord medfører en indirekte lattergasreduktion på 5.910 ton CO₂-ækv./år, svarende til 0,25 ton CO₂-ækv./ton ammonium-N tilført majs på sandjord. Som det ses af tabel 3.6.5, vil lattergasreduktionen på sandjord dermed være i alt knap 162.000 ton CO₂-ækv. årligt, hvilket svarer til en beregnet gennemsnitlig reduktion på 1,94 kg CO₂-ækv./kg ammonium N tilført sandjord. Den samlede reduktion i 2024 og hvert år fremover er således beregnet til 213.000 ton CO₂-ækv. i alt per år.

Tabel 3.6.4. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til konventionel gylle, lerjord

	Drivhusgasser i alt med kul- stofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kul- stofbinding*	N ₂ O
	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	0	0	0
2022	0	0	0
2023	0	0	0
2024	52	52	52
2025	52	52	52
2026	52	52	52
2027	52	52	52
2028	52	52	52
2029	52	52	52
2030	52	52	52
2031	52	52	52
2032	52	52	52
2033	52	52	52
2034	52	52	52
2035	52	52	52
2036	52	52	52
2037	52	52	52
2038	52	52	52
2039	52	52	52
2040	52	52	52
2041	52	52	52
2042	52	52	52
2043	52	52	52
2044	52	52	52
2045	52	52	52
2046	52	52	52
2047	52	52	52
2048	52	52	52
2049	52	52	52
2050	52	52	52
Akkumuleret 2021- 2030	361	361	361
Gennemsnit 2021- 2030	36	36	36
Gennemsnit 2031- 2050	52	52	52

Kilde: Olesen et al. (2018) samt egne beregninger

Tabel 3.6.5. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvote-sektor ift. baseline ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til konventionel gylle, sandjord

	Drivhusgasser i alt med kul- stofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kul- stofbinding*	N ₂ O
	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	0	0	0
2022	0	0	0
2023	0	0	0
2024	162	162	162
2025	162	162	162
2026	162	162	162
2027	162	162	162
2028	162	162	162
2029	162	162	162
2030	162	162	162
2031	162	162	162
2032	162	162	162
2033	162	162	162
2034	162	162	162
2035	162	162	162
2036	162	162	162
2037	162	162	162
2038	162	162	162
2039	162	162	162
2040	162	162	162
2041	162	162	162
2042	162	162	162
2043	162	162	162
2044	162	162	162
2045	162	162	162
2046	162	162	162
2047	162	162	162
2048	162	162	162
2049	162	162	162
2050	162	162	162
Akkumuleret 2021- 2030	1.133	1.133	1.133
Gennemsnit 2021- 2030	113	113	113
Gennemsnit 2031- 2050	162	162	162

Kilde: Olesen et al. (2018) samt egne beregninger

Usikkerheder

Som nævnt er der ingen dansk dokumentation af nitrifikationshæmmers effekt på lattergasudledningen. De her anvendte estimater er baseret på udenlandske undersøgelser (Olesen et al., 2018). Reduktionseffekten kan indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse, når en korregeret emissionsfaktor er videnskabeligt dokumenteret (op. cit.). Dette forhold giver en vis usikkerhed om størrelsen af reduktionspotentialet. Der er endvidere usikkerhed omkring langtidseffekten på lattergasudledningen, dvs. hvorvidt nitrifikationshæmmere har den samme effekt over lange tidshorisonter som fundet i de undersøgelser, der ligger til grund for indeværende reduktionspotential (Olesen et al., 2018). Derfor

foretages der til sidst i kapitlet en følsomhedsanalyse på skyggeprisen ved en halvering af reduktionspotentiallet. Derudover er der usikkerhed omkring fremskrivningen af husdyrbestanden og dennes gødningsproduktion samt andelen af økologiske dyr.

Opgørelse af sideeffekter

Ammoniakfordampning:

Brugen af nitrifikationshæmmere i gylle vil øge andelen af ammoniak, der potentielt kan fordampe fra marken. Med de nuværende regler for hurtig indarbejdning af gyllen i jorden eller forsuring forudsættes det dog, at ammoniakfordampningen ikke ændres som følge af tiltaget (Olesen et al., 2018). Dog kan brugen af nitrifikationshæmmere og reduceret jordbearbejdning i kombination potentielt øge ammoniakfordampningen (op. cit.).

Kvælstofudvaskning fra rodzonen:

Tiltagets eneste sideeffekt er reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen på sandjord ved anvendelse af gylle til majs. Her vil nitrifikationshæmmere reducere kvælstofudvaskningen med omtrent 0,10 kg for hvert kg tilført ammonium-N (Olesen et al., 2018). Der forventes ingen effekt på det resterende sandjordsareal eller på lerjordsarealet.

Tiltaget forudsætter, at der tilsættes nitrifikationshæmmere til konventionel gylle svarende til gyllens indhold af ammoniumkvælstof, dvs. 110.929 ton $\text{NH}_3\text{-N}$ i alt. Det antages, at 75 procent af gyllen udbringes på sandjord, svarende til 83.387 ton $\text{NH}_3\text{-N}$. For den kvælstofmængde, der gennem gylle tilføres majs på sandjord, reduceres udvaskningen af kvælstof. Som forklaret ovenfor, er denne mængde på baggrund af sandjordsarealet for konventionelle bedrifter samt tilført mængde N i gylle per ha for majs opgjort til 31.968 ton N. Med en plantetilgængelighed af kvælstoffet på 75 procent svarer dette til en ammonium-N-mængde på 23.976 ton $\text{NH}_3\text{-N}$. Reduktionen af kvælstofudvaskning er dermed beregnet til 2.398 ton N per år.

Fosfor og pesticidanvendelse:

Der forventes ingen sideeffekter med hensyn til fosfor eller pesticidanvendelse (Olesen et al., 2018). Samfundsmæssig accept af brug af nitrifikationshæmmere til fødevareproduktion må forventes at kræve forsøgsmæssig dokumentation af risici for udvaskning og biologiske effekter (op. cit.).

Usikkerheder

Der er en vis usikkerhed forbundet med estimering af kvælstofudvaskningen.

3.6.3. Budgetøkonomiske effekter

Berørte aktører

Det må antages, at omkostningerne ved tiltaget alene vil påhvile (konventionelle) husdyrproducenter, da der ikke kan forventes øgede udbytter i plantavlen ved anvendelse af nitrifikationshæmmere. Dermed har planteavlere, der aftager gylle, ikke noget incitament til at betale en merpris for gylle med nitrifikationshæmmer. Det forudsættes, at tiltaget ikke omfatter økologiske bedrifter, da økologireglerne ikke tillader brug af nitrifikationshæmmere.

Opgørelse af budgetøkonomi

I omkostningsberegningerne benyttes doseringen for nitrifikationshæmmere DMPP, der er angivet til 1 procent af kvælstoftilførslen, svarende til i størrelsesordenen 1 kg/ha (Olesen et al., 2018). Omkostningen ved tilsætning vurderes at være 2 kr./kg ammonium-N. Den samlede omkostning per ha vil typisk være i størrelsesordenen 200 kr. (op. cit.). En rundringning til forhandlere (Møllerup Mølle, DLG og BioCover) bekræfter dette skøn. Som begrundet i indledningen forventes det ikke, at denne omkostning vil medføre en reduktion i tilgangen af husdyrgødningskvælstof.

I IFRO Rapport nr. 221 (Dubgaard et al., 2013) blev ekstraomkostningen ved tilsætning af nitrifikationshæmmere opgjort til 2,3 kr./kg N (2017-priser). Prisen per kg N er således nedjusteret med 13 procent i indeværende beregninger i forhold til Rapport nr. 221.

Tilsætning af nitrifikationshæmmer til gylle kan ske ved anvendelse af eksisterende syretilsætningsanlæg eller ved at påmontere gyllevognen et doseringsaggregat, der evt. stilles gratis til rådighed af leverandøren af nitrifikationshæmmer ved køb af større partier (BASF, 2017). På grund af de relativt små omkostninger dette evt. vil indebære, er der ikke beregnet kapitalomkostninger for tilsætningsaggregater.

De beregnede budgetøkonomiske omkostninger for landbruget og staten fremgår af tabel 3.6.6-10 nedenfor. Tabel 3.6.6 viser de samlede meromkostninger ved brug af nitrifikationshæmmere i hele produktionen af konventionel gylle (dvs. både ler- og sandjord), tabel 3.6.7 og 3.6.8 viser omkostningerne for landbruget hvad angår ler hhv. sandjord. Tabel 3.6.9 og 3.6.10 viser tilsvarende statens omkostninger, også opdelt på de to jordtyper. Grundet nødvendigheden af yderligere dokumentation af nitrifikationshæmmereffekter forudsættes tiltaget implementeret i 2024, hvor potentialet antages at udgøres af den af DCE fremskrevne mængde ammonium-N i 2030. Her tages der som nævnt højde for andelen af gylle i forhold til totalgødningsmængden samt andelen økologiske dyr, se afsnittet Indhold og omfang ovenfor.

Som det fremgår af tabel 3.6.6, er de totale annuierede driftsøkonomiske omkostninger for landbruget beregnet til 190 mio. kr., for ler- og sandjord tilsammen. Nutidsværdien af disse samlede omkostninger ved tiltaget er beregnet til 3,3 mia. kr. for beregningsperioden 2021-2050. Landbrugets omkostninger ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til gylle, der udbringes på lerjord, er, som det ses af tabel 3.6.7, 47 mio. kr. annuieret, hvilket svarer til 814 mio. kr. i nutidsværdi. For mængderne, der udbringes på sandjord, er omkostningerne, som det ses i tabel 3.6.8, 143 mio. kr. annuieret, svarende til 2,5 mia. kr. i nutidsværdi.

Disse beløb er muligvis et overkantskøn i et forløb, hvor nitrifikationshæmmere anvendes til hele den konventionelle gyllemængde i Danmark. Det vil skabe et betydeligt marked for disse produkter her i landet, og dermed stordriftsfordele i omsætningsleddet og formentlig større konkurrence med tilhørende prisfald. Der er ikke grundlag for at vurdere, hvor meget en større omsætning af nitrifikationshæmmere vil påvirke prisen. Derfor foretages der til sidst en følsomhedsanalyse af effekten på CO₂-skyggeprisen ved fald i prisen på nitrifikationshæmmere på hhv. 10, 25 og 50 procent.

Som det fremgår af tabel 3.6.9 og 3.6.10, antages staten at have samlede merudgifter til administration af tiltaget på i alt 0,1 mio. kr. annuieret og 1,7 mio. kr. i nutidsværdi for både ler- og sandjord (pers. medd. Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen, 2018). Disse estimater er forbundet med betydelig

usikkerhed. Det forudsættes, at administrationen vil kunne foregå under det nuværende system til kontrol af gødningsregnskaber. Udgifterne er fordelt på ler- hhv. sandjord i forhold til andelen ammonium-N, der udbringes på jordtyperne. Nutidsværdien af administrationsomkostningerne for lerjord er 0,4 mio. kr., mens de for sandjord er 1,3 mio. kr. Derudover indgår omkostninger til måleprogrammet til at dokumentere tiltagets effekter på i alt 15 mio. kr. i nutidsværdi, som på tilsvarende vis fordeles på ler- og sandjord, hvor det på lerjord drejer sig om 3,7 mio. kr. og på sandjord 11 mio. kr. De samlede omkostninger for måleprogrammet for nitrifikationshæmmere for både husdyr- og handelsgødning er til at starte med fordelt på de to gødningstyper i forhold til mængden ammonium-N i de to typer gødning. Da der er større mængder ammonium-N i handelsgødningstiltaget end i indeværende tiltag, er måleprogramomkostningerne hér lavere end i tiltaget med handelsgødning. For lerjord er statens samlede udgifter således 4 mio. kr. i nutidsværdi, mens de for sandjord er knap 13 mio. kr. og samlet 17 mio. kr.

Tabel 3.6.6. Budgetøkonomiske omkostninger for berørte aktørgrupper ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til konventionel gylle, sand- og lerjord, 2017-priser, 30-årig periode

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	3	0
2020	3	0
2021	3	0
2022	3	0
2023	3	0
2024	2	226
2025	0	226
2026	0	226
2027	0	226
2028	0	226
2029	0	226
2030	0	226
2031	0	226
2032	0	226
2033	0	226
2034	0	226
2035	0	226
2036	0	226
2037	0	226
2038	0	226
2039	0	226
2040	0	226
2041	0	226
2042	0	226
2043	0	226
2044	0	226
2045	0	226
2046	0	226
2047	0	226
2048	0	226
2049	0	226
2050	0	226
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	17	1.205
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	17	3.279
Annuitet for perioden 2021-2030*	2	149
Annuitet for perioden 2021-2050*	1	190

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.6.7. Landbruget. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til konventionel gylle, lerjord, 2017-priser, 30-årig periode

Landbrug (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	Tilsætning af nitrifikationshæmmere	Produktionstab	Produktionsindtægter	Besparelser af fx energi, gødning	Afgifter og skatter (netto)	Tilskud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2025	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2026	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2027	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2028	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2029	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2030	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2031	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2032	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2033	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2034	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2035	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2036	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2037	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2038	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2039	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2040	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2041	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2042	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2043	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2044	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2045	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2046	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2047	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2048	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2049	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
2050	0	0	56	0	0	0	0	0	0	56
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	299	0	0	0	0	0	0	299
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	814	0	0	0	0	0	0	814
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	37	0	0	0	0	0	0	37
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	47	0	0	0	0	0	0	47

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.6.8. Landbruget. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til konventionel gylle, sandjord, 2017-priser, 30-årig periode

Landbrug (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	Tilsætning af nitrifikationshæmmere	Produktionstab	Produktionsindtægter	Besparelser af fx energi, gødning	Afgifter og skatter (netto)	Tilskud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2025	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2026	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2027	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2028	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2029	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2030	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2031	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2032	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2033	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2034	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2035	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2036	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2037	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2038	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2039	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2040	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2041	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2042	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2043	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2044	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2045	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2046	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2047	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2048	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2049	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
2050	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	906	0	0	0	0	0	0	906
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	2.465	0	0	0	0	0	0	2.465
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	112	0	0	0	0	0	0	112
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	143	0	0	0	0	0	0	143

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.6.9. Staten. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til konventionel gylle, lerjord, 2017-priser, 30-årig periode

Stat (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	D&V	Administration	Tilskudsudgift	Besparelser	Afgifts- og skatteprovenu+ brugerbetaling (netto)	Måleprogram	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8
2020	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8
2021	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8
2022	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8
2023	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8
2024	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0
2025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2031	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2032	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2033	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2034	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2035	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2036	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2037	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2038	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2039	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2040	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2041	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2042	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2043	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2044	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2045	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2046	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2047	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2048	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2049	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2050	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	0	0,4	0	0	0	3,7	4,1
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	0	0,4	0	0	0	3,7	4,1
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	0	0,1	0	0	0	0,5	0,5
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	0	0,0	0	0	0	0,2	0,2

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.6.10. Staten. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til konventionel gylle, sandjord, 2017-priser, 30-årig periode

Stat (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	D&V	Administration	Tilskudsudgift	Besparelser	Afgifts- og skatteprovenu+ brugerbetaling (netto)	Måleprogram	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	2,3	2,3
2020	0	0	0	0	0	0	0	2,3	2,3
2021	0	0	0	0	0	0	0	2,3	2,3
2022	0	0	0	0	0	0	0	2,3	2,3
2023	0	0	0	0	0	0	0	2,3	2,3
2024	0	0	0	1,5	0	0	0	0	2
2025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2031	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2032	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2033	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2034	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2035	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2036	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2037	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2038	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2039	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2040	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2041	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2042	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2043	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2044	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2045	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2046	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2047	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2048	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2049	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2050	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	0	1,3	0	0	0	11	13
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	0	1,3	0	0	0	11	13
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	0	0,2	0	0	0	1,4	1,5
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	0	0,1	0	0	0	0,6	0,7

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne i de budgetøkonomiske beregninger knytter sig primært til de priser, der kan forventes på nitrifikationshæmmere i beregningsperioden. I dag er forbruget af nitrifikationshæmmere beskødet. Implementering af tiltaget kan formentlig forventes at reducere prisen som følge af stor-driftsfordele og øget konkurrence i omsætningsleddet.

Endvidere knytter der sig usikkerheder til fremskrivningen af gylleproduktionen, udviklingen i andelen af økologisk kvæg i beregningsperioden samt statens administrationsomkostninger.

3.6.4. Velfærdsøkonomiske effekter

Værdi af sideeffekter, der kan prissættes

Den eneste relevante sideeffekt af tiltaget er den reducerede kvælstofudvaskning fra sandjord med majs på knap 2.400 ton årligt. Den samfundsøkonomiske værdi af denne reduktion afhænger af skyggeprisen på udvaskningsreduktioner, dvs. de (marginale) samfundsmæssige omkostninger ved at reducere kvælstofudvaskningen fra rodzonen. Der findes et lavt og et højt estimat af skyggeprisen på hhv. 25 kr./kg N og 60 kr./kg N udledt fra rodzonen – inklusive NAF (Jacobsen, 2017). Ved den lave skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning er den årlige værdi for samfundet af reduceret udvaskning beregnet til 60 mio. kr. efter fuld implementering af tiltaget, mens den ved den høje skyggepris stiger til 144 mio. kr. Det svarer til en nutidsværdi på 0,9 hhv. 2,1 mia. kr. Værdien er kun relateret til sandjord, hvor gylle anvendes til majs, og den indgår derfor ikke i skyggeprisen for nitrifikationshæmmere på lerjord.

Opgørelse af forvridningseffekter

Tiltaget medfører omkostninger for landbruget og staten. Ifølge beregningsforudsætningerne kan landbruget ikke overvælte disse meromkostninger i prisen på salgsprodukter, da markedet for landbrugsvarer er globalt. De øgede omkostninger og dermed lavere indtjening i landbruget reducerer statens skatteprovenu. Dette tab forudsættes kompenseres ved at hæve bundskatten, hvilket vil medføre et forvridningstab for samfundet, som medtages i CO₂-skyggeprisen. Forvridningstabets forudsættes at udgøre 9 procent af omkostningerne for landbruget opgjort i faktorpriser (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Dette forvridningstab er beregnet til 73 mio. kr. i nutidsværdi for lerjord, 222 mio. kr. for sandjord og 295 mio. kr. tilsammen.

I beregningen af CO₂-skyggeprisen indgår der endvidere et skatteforvridningstab på 10 procent af statens omkostninger til administration og måleprogram plus NAF. Dette forvridningstab svarer til 0,5 mio. kr. i nutidsværdi for lerjord, 1,7 mio. kr. for sandjord og hermed 2,2 mio. kr. for de to jordtyper tilsammen.

Opgørelse af velfærdsøkonomi

De samlede samfundsøkonomiske CO₂-reduktionsomkostninger ved anvendelse af nitrifikationshæmmere ses i tabel 3.6.11-13. Heri indgår landbrugets meromkostninger ved at tilsætte nitrifikationshæmmere og forvridningstabets som følge af disse. Yderligere indgår statens merudgifter til administration og måleprogram samt forvridningstabets heraf. Hertil kommer den samfundsmæssige værdi af reduceret kvælstofudvaskning på sandjord, hvor der anvendes gylle til majs.

De beregnede velfærdsøkonomiske omkostninger ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til gylle, der udbringes på lerjord, fremgår af tabel 3.6.11. Som det ses, er nutidsværdien af omkostningerne 1,2 mia. kr. Der er ingen sideeffekter ved brug af nitrifikationshæmmere i gylle udbragt på lerjord. Skyggeprisen er beregnet til 1.549 kr./ton CO₂-ækv.

De beregnede velfærdsøkonomiske omkostninger ved tiltaget for mængden af ammonium-N, der udbringes på sandjord, fremgår af tabel 3.6.12. Nutidsværdien af reduktionsomkostningerne er inklusive sideeffekter opgjort til 2,6 mia. kr. med den lave skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N og 1,4 mio. kr. ved den høje skyggepris på 60 kr./kg N. CO₂-skyggeprisen bliver derved 1.122 hhv. 603 kr./ton CO₂-ækv. ved den lave hhv. høje skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning samt 1.492 kr./ton CO₂-ækv. uden værdien af reduceret kvælstofudvaskning på arealer med majs.

Som det ses i tabel 3.6.13 er tiltagets samlede samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger beregnet til 3,8 mia. kr. i nutidsværdi inklusive den samfundsmæssige værdi af den reducerede kvælstofudvaskning fra sandjordsarealer med majs og den lave skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning. Med den høje skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning er reduktionsomkostningerne 2,6 mia. kr. Uden værdien af sideeffekten er omkostningerne 4,7 mia. kr. i nutidsværdi. CO₂-skyggeprisen for ler- og sandjord samlet bliver således hhv. 1.225 kr./ton CO₂-ækv. ved 25 kr./kg N, 832 kr./ton CO₂-ækv. ved 60 kr./kg N og 1.506 kr./ton CO₂-ækv. eksklusive sideeffekter.

Tabel 3.6.11. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. Lerjord, 2017-priser, 30-årig periode

Velfærds- økonomi	Af- skriv- ning er	Brug af ni- trifikation- shæmmer	Administra- tion og målepro- gram	Værdi af ændringer i produktion og forbrug*	Værdi af sideeff ekter	Forvrid ning	Velfærds- økonono- miske omkost- ninger i alt	Reduktion af drivhusgasser inkl. kulstof-bin- ding**	Reduktion af drivhusgasser ekskl. kulstof- binding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ - ækv.
2019	0	0	1	0	0	0	1	0	0
2020	0	0	1	0	0	0	1	0	0
2021	0	0	1	0	0	0	1	0	0
2022	0	0	1	0	0	0	1	0	0
2023	0	0	1	0	0	0	1	0	0
2024	0	74	1	0	0	5	80	52	52
2025	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2026	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2027	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2028	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2029	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2030	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2031	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2032	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2033	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2034	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2035	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2036	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2037	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2038	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2039	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2040	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2041	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2042	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2043	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2044	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2045	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2046	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2047	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2048	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2049	0	74	0	0	0	5	79	52	52
2050	0	74	0	0	0	5	79	52	52
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	0	1.079	5	0	0	74	1.158	748	748
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								1.549	

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.6.12. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. Sandjord, 2017-priser, 30-årig periode

Velfærds- økonomi	Af- skrivning er	Brug af ni- trifikation- shæmmer	Administra- tion og målepro- gram	Værdi af ændringer i produktion og forbrug*	Værdi af sideeffek- ter	Forvrid- ning	Velfærdsøk- onomiske omkost- ninger i alt	Reduktion af drivhusgasser inkl. kulstof- binding**	Reduktion af drivhusgasser ekskl. kulstof- binding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	3	0	0	0	3	0	0
2020	0	0	3	0	0	0	3	0	0
2021	0	0	3	0	0	0	3	0	0
2022	0	0	3	0	0	0	3	0	0
2023	0	0	3	0	0	0	3	0	0
2024	0	225	2	0	-60	15	183	162	162
2025	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2026	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2027	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2028	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2029	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2030	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2031	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2032	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2033	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2034	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2035	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2036	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2037	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2038	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2039	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2040	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2041	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2042	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2043	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2044	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2045	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2046	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2047	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2048	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2049	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
2050	0	225	0	0	-60	15	180	162	162
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	0	3.266	17	0	-870	223	2.636	2.349	2.349
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 25 kr./kg N								1.122	
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 60 kr./kg N								603	
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								1.492	

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.6.13. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. Ler- og sandjord, 2017-priser, 30-årig periode

Velfærds- økonomi	Afskriv- ninger	Brug af ni- trifikation- shæmmer	Administra- tion og male-pro- gram	Værdi af ændringer i produktion og forbrug*	Værdi af side- effekter	Forvrid- ning	Velfærdsøk- onomiske omkost- ninger i alt	Reduktion af drivhusgasser inkl. kulstof- binding**	Reduktion af drivhus- gasser ekskl. kul- stofbin- ding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	4	0	0	0	5	0	0
2020	0	0	4	0	0	0	5	0	0
2021	0	0	4	0	0	0	5	0	0
2022	0	0	4	0	0	0	5	0	0
2023	0	0	4	0	0	0	5	0	0
2024	0	299	3	0	-60	21	263	213	213
2025	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2026	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2027	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2028	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2029	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2030	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2031	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2032	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2033	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2034	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2035	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2036	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2037	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2038	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2039	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2040	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2041	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2042	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2043	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2044	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2045	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2046	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2047	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2048	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2049	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
2050	0	299	0	0	-60	20	260	213	213
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	0	4.345	22	0	-870	297	3.794	3.097	3.097
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.									
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 25 kr./kg N								1.225	
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 60 kr./kg N								832	
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								1.506	

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Usikkerhederne knytter sig som nævnt ovenfor til prisen på nitrifikationshæmmere, som pt. udgør et lille marked i Danmark, samt den fremskrivning af husdyrbestanden og den N-mængde i gylle, som ligger til grund for beregningen af tiltagets potentielle effekt. Endvidere er der usikkerhed om nitrifikationshæmmeres effekt på lattergasudledningerne over længere tidshorisonter samt usikkerhed om estimering af effekten på kvælstofudvaskning (Olesen et al., 2018). Derudover er der usikkerhed omkring statens administrationsomkostninger ved tiltaget.

3.6.5. Følsomhedsanalyser

Tabel 3.6.14-16 nedenfor viser effekten på CO₂-skyggeprisen ved reduktioner i prisen på nitrifikationshæmmere på hhv. 10, 25 og 50 procent, en halvering af reduktionspotentialet ved tiltaget samt ændringer i diskonteringsrate og skatteforvridningsprocenter for skyggeprisen på hhv. ler- og sandjord samt den samlede skyggepris. Følsomhedsberegningerne vises også med den høje skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning, men gennemgås i teksten alene for de 25 kr./kg N.

Ved en reduktion i prisen på nitrifikationshæmmere på 10, 25 og 50 procent reduceres skyggeprisen for lerjord til hhv. 1.395, 1.164 og 778 kr./ton CO₂-ækv. (mod tidligere 1.549 kr./ton CO₂-ækv.). For sandjord reduceres skyggeprisen til hhv. 973, 751 og 380 kr./ton CO₂-ækv. ved 25 kr./kg N (mod tidligere 1.122 kr./ton CO₂-ækv.). Ved 60 kr./kg N medfører tiltaget samfundsøkonomiske gevinster, hvis prisen falder med 50 procent. Yderligere følsomhedsanalyser viser, at ved et prisfald på 45 procent eller mere i kombination med den høje skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N, medfører tiltaget samfundsøkonomiske gevinster på sandjord. Skyggeprisen for ler- og sandjord samlet reduceres ved de tilsvarende prisreduktioner til hhv. 1.075, 850 og 476 kr./ton CO₂-ækv. (mod tidligere 1.225 kr./ton CO₂-ækv.). I princippet kunne prisen også stige, hvilket ville øge skyggeprisen. Dette vurderes dog ikke som realistisk under de givne markedsforhold, hvor nitrifikationshæmmere sælges i flere lande.

Halveres tiltagets reduktionspotential, øges skyggeprisen til 3.098 kr./ton CO₂-ækv. for lerjord, 2.165 kr./ton CO₂-ækv. for sandjord og 2.450 kr./ton CO₂-ækv. for de to jordtyper tilsammen. Reduktioner i lattergasreduktionspotential vil påvirke skyggeprisen i samme retning som prisstigninger på nitrifikationshæmmere. Eventuelle prisstigninger på nitrifikationshæmmere vil påvirke skyggeprisen i samme retning som reduktioner i lattergasreduktionspotential. Ved en halvering af den generelle samt den landbrugsspecifikke skatteforvridningssats til hhv. 5 og 4,5 procent reduceres skyggeprisen til 1.499 kr./ton CO₂-ækv. for lerjord, 1.074 kr./ton CO₂-ækv. for sandjord, mens den samlede skyggepris reduceres til 1.177 kr./ton CO₂-ækv. Fordobles skatteforvridningssatserne til hhv. 20 og 18 procent stiger de tilsvarende skyggepriser til hhv. 1.647, 1.217 og 1.321 kr./ton CO₂-ækv.

Skyggeprisen påvirkes kun i beskeden grad af ændringer i diskonteringsrenten, da hovedparten af omkostningerne og gevinsterne (i form af drivhusgasreduktioner) falder samtidigt igennem beregningsperioden.

Tabel 3.6.14. Resultater af følsomhedsanalyser, lerjord

	Samlet CO ₂ -skyggepris 2021-2050 (25 kr./kg N)
	kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning	1.549
10 % prisfald på nitrifikationshæmmere	1.395
25 % prisfald på nitrifikationshæmmere	1.164
50 % prisfald på nitrifikationshæmmere	778
Diskonteringsrente 0 %	1.545
Diskonteringsrente 2 %	1.547
Diskonteringsrente 6 %	1.551
Skatteforvridningstab 5 %/4,5 %	1.499
Skatteforvridningstab 20 %/18 %	1.647
Halvering af reduktionspotentiallet i CO ₂ -ækv.	3.098

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.6.15. Resultater af følsomhedsanalyser, sandjord

	Samlet CO ₂ -skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050 (25 kr./kg N)	Samlet CO ₂ -skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050 (60 kr./kg N)
	kr./ton CO ₂ -ækv.	kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning	1.122	603
10 % prisfald på nitrifikationshæmmere	973	455
25 % prisfald på nitrifikationshæmmere	751	232
50 % prisfald på nitrifikationshæmmere	380	-139
Diskonteringsrente 0 %	1.118	600
Diskonteringsrente 2 %	1.120	602
Diskonteringsrente 6 %	1.124	606
Skatteforvridningstab 5 %/4,5 %	1.074	556
Skatteforvridningstab 20 %/18 %	1.217	698
Halvering af reduktionspotentiallet i CO ₂ -ækv.	2.165	1.164

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.6.16. Resultater af følsomhedsanalyser, ler- og sandjord

	Samlet CO ₂ -skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050 (25 kr./kg N)	Samlet CO ₂ -skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050 (60 kr./kg N)
	kr./ton CO ₂ -ækv.	kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning	1.225	832
10 % prisfald på nitrifikationshæmmere	1.075	682
25 % prisfald på nitrifikationshæmmere	850	457
50 % prisfald på nitrifikationshæmmere	476	83
Diskonteringsrente 0 %	1.222	828
Diskonteringsrente 2 %	1.223	830
Diskonteringsrente 6 %	1.227	834
Skatteforvridningstab 5 %/4,5 %	1.177	784
Skatteforvridningstab 20 %/18 %	1.321	928
Halvering af reduktionspotentiallet i CO ₂ -ækv.	2.450	1.663

Kilde: Egne beregninger

3.6.6. Samlet vurdering

Reduktionspotentiale:

Tiltaget forudsættes implementeret ved anvendelse af regelstyring, som indebærer, at al konventionel gylle skal tilsættes nitrifikationshæmmer med henblik på at reducere emissionerne af lattergas. Idet tiltaget medfører reduceret kvælstofudvaskning på sandjord, hvor der anvendes gylle til majs, opdeles tiltaget mht. den mængde ammonium-N der tildeles ler- hhv. sandjord. Tiltaget implementeres i år 2024 og vurderes at have et årligt reduktionspotentiale på 52.000 ton CO₂-ækv. på lerjord, 162.000 ton CO₂-ækv. på sandjord og 213.000 ton CO₂-ækv. samlet per år. Tiltaget vurderes derudover at reducere kvælstofudvaskningen fra rodzonen med 2.398 ton/år på det sandjordsareal, hvor der anvendes gylle til majs. Der er ingen sideeffekter på lerjord. Fuld implementering forudsættes at kunne ske i 2024, idet tiltaget ikke forventes at kræve væsentlige ændringer i produktionsapparatet. Der kræves dog yderligere dokumentation af tiltagets effekter i forhold til lattergas, så det kan indgå i den nationale emissionsopgørelse. Et måleprogram, der kan dokumentere emissionseffekterne, forudsættes at blive gennemført i perioden 2019-2023.

Budgetøkonomiske omkostninger:

Landbrugets omkostninger ved tilsætning af den forudsatte mængde nitrifikationshæmmer til gylle vurderes at være 2 kr./kg ammonium-N. I standardscenariet er de samlede annuiserede driftsøkonomiske omkostninger for landbruget beregnet til 190 mio. fordelt på 47 mio. kr. på lerjord og 143 mio. kr. på sandjord. Nutidsværdien af disse er beregnet til 3,3 mia. kr. for perioden 2021-2050, fordelt på 814 mio. kr. for lerjord og 2,5 for sandjord. Det antages, at staten vil få merudgifter til administration af tiltaget samt udgifter til måleprogram på i alt 1 mio. kr. annuiseret, fordelt med 0,2 mio. kr. på lerjord og 0,7mio. kr. på sandjord. Nutidsværdien af disse er beregnet til knap 17 mio. kr. samlet set, fordelt på 4,1 mio. kr. for lerjord og 12,5 mio. kr. på sandjord. Administrationen af tiltaget antages at kunne indgå i den nuværende kontrol af gødningsregnskaber.

CO₂-skyggeprisen:

Den beregnede CO₂-skyggepris for sandjord samt den samlede skyggepris påvirkes af den samfundsmæssige værdi af den reducerede kvælstofudvaskning på 2.398 ton N, der opstår ved anvendelse af gylle til majs på sandjord. Der findes to estimer af den samfundsmæssige skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen: 25 kr./kg N og 60 kr./kg N.

CO₂-skyggeprisen på lerjord, hvor kvælstofudvaskningen ikke reduceres, udgør 1.549 kr./ton CO₂-ækv. Ved den lave udvaskningsskyggepris er CO₂-skyggeprisen for sandjord, inklusive værdien af den reducerede kvælstofudvaskning ved majsdyrkning, beregnet til 1.122 kr./ton CO₂-ækv., mens den ved den høje udvaskningsskyggepris er beregnet til 603 kr./ton CO₂-ækv. Uden værdien af sideeffekter er skyggeprisen beregnet til 1.492 kr./ton CO₂-ækv. CO₂-skyggeprisen for ler- og sandjord samlet er beregnet til 1.225 og 832 kr./ton CO₂-ækv. ved hhv. den lave og høje udvaskningsskyggepris, mens den uden værdien af sideeffekter er beregnet til 1.506 kr./ton CO₂-ækv.

De samfundsmæssige omkostninger ved tiltaget er således afhængige af reduktionen i kvælstofudvaskningen, der alene forekommer på sandjord, hvor der anvendes gylle til majs, samt af den samfundsmæssige værdi af denne udvaskningsreduktion i form af skyggeprisen på reduceret kvælstofudvaskning.

Usikkerheder:

Der er ingen dansk dokumentation af nitrifikationshæmmeres effekt på lattergasudledningen, og effekten kan derfor først indgå i Danmarks reduktionsforpligtelse, når en emissionsfaktor er dokumenteret. Dette forudsættes i tiltaget at finde sted ved et måleprogram i perioden 2019-2023 således at tiltaget kan implementeres i 2024. Endvidere er der usikkerhed omkring langtidseffekten på lattergasudledningen. I de økonomiske beregninger knytter usikkerheden sig primært til fastlæggelse af prisen på nitrifikationshæmmere i beregningsperioden. Et krav om tilsætning af nitrifikationshæmmer til al gylle (samt eventuelt 90 procent af kvælstoffet i handelsgødning) må antages at give stordriftsfordele og større konkurrence i omsætningsleddet, hvilket vil føre til prisfald på nitrifikationshæmmere. Effekterne af prisfald er beskrevet nedenfor under følsomhedsanalyser.

Følsomhedsberegninger:

Der er foretaget analyser af CO₂-skyggeprisens følsomhed over for ændringer i prisen på nitrifikationshæmmere. Ved et prisfald på nitrifikationshæmmere på 10, 25 og 50 procent reduceres CO₂-skyggeprisen i standardscenariet til 1.395, 1.164 hhv. 778 kr./ton CO₂-ækv. for lerjord (mod tidligere 1.549 kr./ton CO₂-ækv.). Ved tilsvarende prisfald og ved den lave skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N falder skyggeprisen for sandjord til 973, 751 hhv. 380 kr./ton CO₂-ækv. (mod tidligere 1.122 kr./ton CO₂-ækv.). For ler- og sandjord samlet og ved 25 kr./kg N falder skyggeprisen til 1.075, 850 hhv. 476 kr./ton CO₂-ækv.

Ved en værdi af reduceret udvaskning på 60 kr./kg N falder skyggeprisen ved de tilsvarende prisfald til 455, 232 hhv. -139 kr./ton CO₂-ækv. for sandjord (mod 603 kr./ton CO₂-ækv. i basisberegningen). Den samlede skyggepris falder til 682, 457 og 83 kr./ton CO₂-ækv. (mod 832 kr./ton CO₂-ækv. i basisberegningen). Tiltagets samfundsøkonomiske fordelagtighed er således stærkt afhængig af prisen på nitrifikationshæmmere. Yderligere følsomhedsanalyser viser at ved et prisfald på 45 procent eller mere i kombination med den høje skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N, medfører tiltaget samfundsøkonomiske gevinster på sandjord.

Halveres nitrifikationshæmmernes effekt på lattergasudledningerne, stiger skyggeprisen for lerjord til 3.098 kr./ton CO₂-ækv. For 25 kr./kg N stiger skyggeprisen til 1.887 kr./ton CO₂-ækv. ved 25 kr./kg N og til 418 kr./ton CO₂-ækv. ved 60 kr./kg N. Den samlede skyggepris stiger til 2.450 og 1.663 kr./ton CO₂-ækv. ved hhv. den lave og høje skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning.

En halvering af den generelle og landbrugsspecifikke skatteforvridningsprocent reducerer skyggeprisen for lerjord til 1.499 kr./ton CO₂-ækv., mens en fordobling øger skyggeprisen til 1.647 kr./ton CO₂-ækv. For sandjord betyder en halvering en reduktion i skyggeprisen til 1.074 kr./ton CO₂-ækv. ved 25 kr./kg N og til 556 kr./ton CO₂-ækv. ved 60 kr./kg N. En fordobling af skatteforvridningsprocenterne betyder en stigning i skyggeprisen til 1.217 og 698 kr./ton CO₂-ækv. ved hhv. den lave og høje værdi af reduceret N. Ved en halvering af satserne falder den samlede skyggepris til 1.177 og 784 kr./ton CO₂-ækv. ved hhv. den lave og høje værdi af reduceret N. En fordobling øger den samlede skyggepris til 1.321 og 928 kr./ton CO₂-ækv. ved hhv. den høje og lave skyggepris på reduceret N.

Ændringer i diskonteringsrenten påvirker ikke skyggepriserne i udbredt grad, idet omkostninger og gevinster falder på nogenlunde samme tid i beregningsperioden.

3.6.7. Referencer

BASF (2017): BASF Crop Protection Danmark, http://www.agro.basf.dk/agroportal/dk/da/special/product_catalogue_1/product_details_79771.html

Dubgaard, A., Laugesen, F. M., Ståhl, L., Bang, J. R., Schou, E., Jacobsen, B. H., ... Jensen, J. D. (2013): *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*. Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 221) http://static-curis.ku.dk/portal/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf

Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018): *Beregningsmetode til samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler til brug for opnåelse af EU-2030-mål uden for kvotesektor* (Udkast, version 19. januar, 2018)

Jacobsen, B. H. (2017): *Beregning af kvælstofskyggepris med udgangspunkt i Fødevarer- og Landbrugspakken*, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet (under udgivelse). http://static-curis.ku.dk/portal/files/179405531/IFRO_Udredning_2017_08.pdf

Kristensen, T. (2017): personlig meddelelse d. 30/5-2017, Troels Kristensen/DCA, (troels.kristensen@agro.au.dk)

Lentz, A. H. (2018): personlig meddelelse, mail d. 11/2-2018, Adam Høyer Lentz/Landbrugsstyrelsen (adhlen@lbst.dk)

NaturErhvervstyrelsen (2015): *Statistik over Økologiske Jordbrugsbedrifter 2015*

Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. og Lassen, J. (2018): *Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser*. DCA Rapport (under udarbejdelse).

Olesen, J.E. (2017): personlig meddelelse, mail og DCE-regneark d. 28/1-2017, Jørgen Eivind Olesen/DCA (jeo@agro.au.dk)

Petersen, S. O., L. Elsgaard, S. Gyldenkerne, N. Hutchings, I. S. Kristensen, P. E. Lærke (2018): *Vedr. 2.07 "Niveau af emissioner på danske jordtyper afhængig af anvendelse af forskellige gødningstyper sammenlignet med IPCC standarder"*. Notat. Aarhus Universitet.

Ørum, J. E. (2018): personlig meddelelse, mail med regneark d. 19/1-2018 samt d. 3/5-2018, Jens Erik Ørum/IFRO (je@ifro.ku.dk)

3.7. Udtagning af organogen jord

3.7.1. Beskrivelse af virkemidlet Udtagning af organogene jorder

Indhold og omfang

Ved dræning og dyrkning af organogene jorder/tørvejorder nedbrydes jordens organiske stof gradvist til CO₂, ligesom der dannes lattergas ved dyrkning af disse jorder (Olesen et al., 2018). Udledningen af drivhusgasser fra disse jorder kan reduceres ved udtagning (fra omdrift) til vedvarende græs, ved ophør med dræning og ved ophør med gødskning.

EU's klimaregulering giver mulighed for modregning af LULUCF-kreditter (fra forbedret kulstofbalance i jord og skov) i medlemslandenes reduktionsmål for udledningen af drivhusgasser i de ikke-kvotebelagte sektorer. Der er fastsat lofter for de enkelte medlemslandes udnyttelse af LULUCF-kreditter i perioden 2021-2030.³⁴ Hvis Danmark rammer det fastsatte loft ved business-as-usual, vil det ikke være relevant at medtage den yderligere kulstoflagring ved udtagning af organogene jorder i CO₂-skyggeprisen for tiltag af den art.

Analyserne omfatter to scenarier, hvor anvendelsen af organogene jorder ændres:

1. *Udtagning med ophør af dræning og gødskning:* Forudsætter at 47.400 ha drænedes organogene lavbundsarealer omlægges til permanent græs med ophør af dræning og gødskning. Omlægningen omfatter både arealer i omdrift (35.300 ha) og drænedes arealer med permanent græs (12.100 ha). Tiltaget er overlappende med tiltaget Udtagning af organogene jorder med fortsat dræning, der omfatter omlægning af de samme arealer i omdrift. Udtagningens klimaeffekt relaterer sig først og fremmest til kulstoflagring. Ophør af dræning indebærer derudover en reduktion af lattergasudledningen, men samtidigt en merudledning af metan. Hvis kulstoflagring ikke (kan) medtages i dette scenarie, vil der samlet set være tale om en merudledning af drivhusgasser. Dermed er tiltaget ikke længere relevant i forhold til opnåelse af de danske reduktionsmål, og CO₂-skyggeprisen opgøres derfor kun inklusive kulstoflagring.
2. *Udtagning med fortsat dræning:* Omfatter udtagning af 35.300 ha drænedes organogene jorder i omdrift til permanent græs, enten med eller uden gødskning, men med fortsat dræning. Udtagning i kombination med fortsat dræning indebærer også en merudledning af metan, men merudledningen vil i dette tilfælde ikke være større end reduktionen i lattergasudledningen. I dette scenarie beregnes CO₂-skyggeprisen derfor både med og uden kulstoflagring.

Fastlæggelse af udtagningspotentialer

Potentialerne for udtagning af organogene jorder er fastlagt af DCA ud fra disse arealers kulstofindhold og nuværende anvendelse (Olesen et al., 2018). Kategorien organogene jorder omfatter arealer med over 12 procent organisk kulstof og arealer med 6-12 procent organisk kulstof (OC). Ifølge Olesen et al. (2018) udgør arealet med >12 procent OC ca. 67.000 ha, hvoraf godt halvdelen findes i

³⁴ Danmark kan muligvis få adgang til at indregne op til 14,6 mio. ton CO₂ i LULUCF-kreditter som reduktioner i ikke-kvotesektoren i 2021-2030 (Energistyrelsen, 2017b).

sammenhængende områder. Den anden halvdel findes spredt og typisk i ådale. Det vurderes, at potentialet for udtagning af jorder med >12 procent OC (kun) omfatter den del af arealet, der findes spredt, og det er derfor sat til 30.000 ha (op. cit.). Her vil udtagningsomkostningerne typisk være betydeligt lavere end i de sammenhængende lavbundsområder, hvor der i betydeligt omfang dyrkes højbærdafrøder såsom kartofler og gulerødder, hvilket vil fordyre udtagningen væsentligt. Det skyldes ikke mindst, at der i tilknytning til disse produktioner er investeret betydeligt i specialudstyr og bygninger til håndtering og opbevaring af afgrøderne. Der er ikke tilstrækkeligt datagrundlag til at beregne omkostningerne ved udtagning af sådanne arealer. For jorder med 6-12 procent OC er udtagningspotentialet opgjort til 17.400 ha. Det er opgjort proportionalt til fordelingen af jord i forhold til indholdet af organisk kulstof (op. cit.).

Potentialet for udtagning af organogene jorder frem til 2030 er fordelt på arealer i omdrift og arealer med permanent græs. Denne opdeling er baseret på den nuværende arealanvendelse af organogene jorder (op. cit.). For arealer med >12 procent OC er udtagningspotentialet fordelt på 22.500 ha jord i omdrift og 7.500 ha med permanent græs. Udtagningspotentialet for arealer med 6-12 procent OC er fordelt på 12.800 ha i omdrift og 4.600 ha med permanent græs.

For begge tiltag antages det, at udtagningen vil foregå over perioden 2021-2030 med en konstant årlig udtagning. Forudsætningen om gradvis udtagning skyldes, at der vil være en række økonomiske og reguleringsmæssige barrierer for implementeringen, herunder en forudsætning om at jordejere frivilligt stiller arealer til rådighed baseret på tilskud som incitament.

I IFRO Rapport nr. 221 var potentialet for udtagning af organogene jorder opgjort til (kun) 35.000 ha, da denne kategori dengang alene omfattede organogene jorder med over 12 procent organisk kulstof (Dubgaard et al., 2013).

Implementeringsinstrument

Det forudsatte implementeringsinstrument er tilskud som kompenserer lodsejere for tab af jordrente ved udtagning samt nettoomkostninger ved naturpleje af arealerne. Endvidere forudsættes det, at anlægsomkostninger mm. dækkes af staten. Der er foretaget en beregning af størrelsen af det samlede tilskud, der ud fra en gennemsnitsbetragtning kræves for at stille lodsejere lige så godt ved udtagning og pleje af organogen jord som ved den hidtidige anvendelse af arealerne. Tilskuddets størrelse ændrer sig gennem beregningsperioden 2021-2030 som følge af forudsatte ændringer i prisrelationer mv. og dermed i de beregnede jordrenter.

I praksis vil der være variation i jordrenterne omkring de beregnede gennemsnitsværdier. Det er derfor vanskeligt at forudsige, hvor stor effekten af tilskud til udtagning vil blive, da lodsejere vil have forskellige priskrav afhængigt af driftsform og behov for harmoniareal mv. Det må forventes, at et tilbud om udtagning til de beregnede gennemsnitstilskud kun vil blive benyttet af lodsejere med en lavere jordrente og/eller lavere plejeomkostninger end beregnet. Dette problem kan delvist løses gennem en differentiering af tilskuddet, men det har ikke været muligt at inddrage dette aspekt i nærværende beregninger. Alternativt kan udtagning ske gennem regelstyring med compensation til de berørte lodsejere.

I det følgende gennemgås beregningerne for scenariet: Udtagning af organogene jorder med ophør af dræning og gødsning.

3.7.2. Beskrivelse af udtagning med ophør af dræning og gødsning

Konsekvenser

Det forudsatte omfang og effekterne af udtagningen af organogene jorder med ophør af dræning og gødsning ses i tabel 3.7.1.³⁵ Ved ophør med dræning vil nedbrydningen af organisk materiale i jorden ophøre, således at kulstoflagringen øges. Reduceret nedbrydning og ophør med N-gødsning vil reducere udledningen af lattergas og ammoniakfordampningen, ligesom kvælstofudvaskningen reduceres (Olesen et al., 2018). Derudover spares brændstof ved ophør med dyrkning af de udtagne arealer. Dog øges udledningen af metan fra de nu vandmættede jorder.

Beregningsresultaterne i tabel 3.7.1 viser, at for jord i omdrift med >12 procent OC vil den forudsatte omlægning reducere drivhusgasudledningerne med 40,2 ton CO₂-ækv./ha, mens omlægning af om-driftsarealer med 6-12 procent OC vil reducere udledningerne med 15,2 ton CO₂-ækv./ha. Omlægning af arealer med permanent græs vil reducere drivhusgasudledningerne med 27,7 ton CO₂-ækv./ha på jord med >12 procent OC, mens reduktionen er 9,9 ton CO₂-ækv./ha ved omlægning af permanent græs på jord med 6-12 procent OC.

Som det fremgår af tabellen, skyldes langt hovedparten af drivhusgasreduktionen øget kulstoflagring i jorden, mens reducerede lattergasudledninger og mindre brændstofforbrug bidrager i beskedent omfang. Den øgede udledning af metan reducerer nedgangen i drivhusgasudledningerne med i størrelsesordenen 7 ton CO₂-ækv./ha. Ses der bort fra den øgede kulstoflagring i jorden, vil den opgjorte reduktionseffekt være negativ, da drivhuseffekten af den forøgede metanudledning overstiger reduktionen i lattergas og brændstofforbrug. Virkemidlet er således kun klimapolitisk relevant for Danmark, hvis kulstoflagring kan udnyttes som LULUCF-kreditter.

Hvad kvælstofudvaskning angår, vurderer Olesen et al. (2018), at udtagning vil betyde en reduktion i udvaskningen fra rodzonen på i gennemsnit 62 kg N/ha for arealer, der har været i omdrift, mens der ved omlægning af arealer med permanent græs vil være en reduktion på 40 kg N/ha. Ammoniakfordampningen forudsættes at blive reduceret med 2,51 kg N/ha på alle fire typer jorder (op. cit.).

Omkostningerne ved udtagning af organogene jorder beregnes som det mistede nettoafkast til jorden (jordrente) i den oprindelige anvendelse samt estimerede anlægsomkostninger i forbindelse med sløjfning af dræning, grøfter og drænbrønde, diverse afværgeforanstaltninger og projekteringsomkostninger mv. Da det forudsættes, at de udtagne arealer skal plejes, indgår plejeomkostninger også i tiltagets samlede omkostninger. For landbruget forudsættes samtlige omkostninger at blive kompenseret ved et break even-tilskud. Statens udgifter til tilskud og administration af ordningen er beregnet til en annuieret værdi af 183 mio. kr.

³⁵ SEGES og Landbrug & Fødevarer (2017) nævner i kommentarer til beregningerne, at det ville fremme landmændenes interesse for tiltaget, hvis udtagningen indirekte kunne give landmændene driftsmæssige fordele i form af muligheder for at koble udtagning af organogen lavbundsjord med kvælstofvirkemidlet Afbrydning af dræn ved skræntfod. Det er en interessant mulighed, men i denne udredning har der ikke været datagrundlag for at inddrage samspillet til kvælstofstrømme i landskabet.

De samlede omkostninger ved udtagning af organogene jorder ville kunne reduceres ved alene at udtage jord, der i dag er med permanent græs, da det ifølge beregningerne ikke vil medføre noget jordrentetab. Potentialet for drivhusgasreduktioner vil dog også blive reduceret, både absolut i kraft af det reducerede areal, der potentielt kan udtages (12.100 ha), og relativt da drivhusgasreduktionerne per ha er større ved udtagning af jord i omdrift end jord med permanent græs. Derudover vil sidegevinsterne i form af reduceret kvælstofudvaskning per ha være mindre i forhold til udtagning af jord i omdrift.

Tabel 3.7.1. Konsekvensskema, udtagning af organogene jorder til permanent græs med ophør af dræning og gødsning, 47.400 ha

	Enhed	Tidspunkt	Jord i omdrift, >12 % C	Permanent græs, >12 % C	Jord i omdrift, 6-12 % C	Permanent græs, 6-12 % C	Tiltag i alt
Udtagning	Ha	2030	22.500	7.500	12.800	4.600	47.400
Udtagning	Ha	Årligt	2.250	750	1.280	460	4.740
Driftsøkonomiske nettoomkostninger, landbrug	Mio. kr.	Årligt	0 196				
Driftsøkonomiske nettoomkostninger, stat	Mio. kr.	Årligt					
Reduktion af lattergas	Ton CO ₂ -ækv./ha	Årligt	4,81	3,33	0,94	0,89	
Reduktion af metan	Ton CO ₂ -ækv./ha	Årligt	-7,20	-6,80	-7,20	-6,80	
Kulstoflagring	Ton CO ₂ -ækv./ha	Årligt	42,17	30,8	21,08	15,4	
Sparet brændstof	Ton CO ₂ -ækv./ha	Årligt	0,40	0,40	0,40	0,40	
Drivhugasreduktioner, i alt	Ton CO ₂ -ækv./ha	Årligt	40,2	27,7	15,2	9,9	
Reduktion af N-udvaskning fra rodzonen	Kg N/ha	Årligt	62	40	62	40	
Reduktion af ammoniakfordampning	Kg N/ha	Årligt	2,51	2,51	2,51	2,51	

Kilde: Olesen et al. (2018), m.fl. samt egne beregninger.

Bidrag til målopfyldelse ved udtagning med ophør af dræning og gødskning

Som omtalt i indledningen kan virkemidlets effekt på kulstoflagring kun bidrage til Danmarks opfyldelse af EU's 2030-mål på det ikke-kvoteomfattede område, såfremt der er plads til at medregne den øgede kulstoflagring under den mængde LULUCF-kreditter, som Danmark er blevet tildelt. Arealer med >12 procent og arealer med 6-12 procent tæller begge med i EU-målet.

Reduktionerne i kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning bidrager til opfyldelse af de nationalt fastsatte reduktionsmålsætninger for disse forureningskategorier.

Tidshorisont ved udtagning med ophør af dræning og gødskning

Tiltaget implementeres gradvist med en årlig udtagning af 4.740 ha organogen jord fra 2021 til 2030, hvor tiltagets fulde effekt vil være realiseret.

Barrierer ved udtagning med ophør af dræning og gødskning

Tiltaget bygger på tilskud som implementeringsinstrument, hvor jordejeren tilbydes kompensation for det beregnede tab af jordrente ved den hidtidige anvendelse samt dækning af efterfølgende plejeomkostninger. Det er vanskeligt at forudsige, hvor stor interesse, der vil være for en sådan ordning.

Overlap og synergieffekter ved udtagning med ophør af dræning og gødskning

Da der er tale om de samme udtagningsarealer, er der overlap mellem dette tiltag og tiltaget Udtagning af organogene jorder med fortsat dræning. I kraft af at udtagningen reducerer kvælstofudvaskningen, vil virkemidlet kunne bidrage til at opfylde reduktionsmålsætninger på kvælstofområdet, hvorved der opnås synergieffekter.

3.7.3. Opgørelse af klimaeffekter ved udtagning med ophør af dræning og gødskning

Datagrundlag

Emissionsdata stammer fra Olesen et al. (2018).

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren

Tiltaget implementeres gradvist over en tiårig periode, således at den fulde effekt opnås i 2030. De beregnede drivhusgasreduktioner i ikke-kvotesektoren er vist i tabel 3.7.2 nedenfor.

For organogene jorder med >12 procent OC vil udtagning af arealer i omdrift øge kulstoflagring med godt 42,17 ton CO₂-ækv./ha/år, mens udtagning af arealer med permanent græs på denne type jord vil øge kulstoflagringen med 30,8 ton CO₂-ækv./ha/år. For jord med 6-12 procent OC vil den tilsvarende kulstoflagring være 21,1 ton CO₂-ækv./ha/år ved udtagning af arealer i omdrift og 15,4 ton CO₂-ækv./ha/år ved udtagning af arealer med permanent græs (Olesen et al., 2018).

Tiltaget vil også medføre en reduktion i lattergasudledningerne. Ved udtagning af organogene jorder med >12 procent OC er der beregnet en lattergasreduktionen på 4,8 ton CO₂-ækv./ha/år for omdriftsarealer, mens der ved udtagning af permanente græsarealer med >12 procent OC er beregnet en lattergasreduktionen på 3,3 CO₂-ækv./ha/år. Ved udtagning af arealer med 6-12 procent OC vil reduktionen i lattergasudledninger være 0,9 ton CO₂-ækv./ha/år både for jord i omdrift og permanente

græsarealer (Olesen et al., 2018). Brændstofforbruget ved dyrkning af jorden vil bortfalde, svarende til en reduktion på 0,4 ton CO₂-ækv./ha/år (op. cit.).

Ved sløjfning af drænene forventes vandstanden på de udtagne arealer at stige til 0-20 cm under jordoverfladen (Olesen et al., 2018). Hævningen af vandstanden vil medføre en stigning i metanudledningerne fra de vandmættede jorder svarende til 7,2 og 6,8 ton CO₂-ækv./ha ved omlægning fra hhv. omdrift og permanent græs, både for arealer med >12 procent OC og 6-12 procent OC (Olesen et al., 2018). Den øgede udledning af metan overstiger de reducerede udledninger af lattergas og fra brændstof tilsammen. Uden medregning af kulstoflagringen ville tiltaget derfor have en negativ nettoeffekt på Danmarks drivhusgasbalance i EU's reguleringssystem.

Som det ses af tabel 3.7.2, vil der ved tiltagets fulde implementering i 2030 være drivhusreduktioner som følge af øget kulstoflagring i jorden svarende til 1.520.000 ton CO₂-ækv./år. Lattergasudledningerne reduceres med 149.000 ton CO₂-ækv./år, mens udledningerne fra brændstofforbrug reduceres med knap 19.000 ton CO₂-ækv./år. Metanudledningen øges med 336.000 ton CO₂-ækv./år. Samlet vil tiltaget reducere drivhusgasudledningerne med 1.352.000 CO₂-ækv./år ved fuld implementering i 2030 og hvert år derefter. Hvis der ikke er mulighed for at medtage den positive effekt på kulstoflagringen (under LULUCF), vil tiltaget øge de opgjorte drivhusgasudledninger i ikke-kvotesektoren. Det drejer sig om en forøgelse på 168.000 ton CO₂-ækv./år fra og med 2030. Stigningen skyldes, at den øgede udledning af metan overstiger de reducerede udledninger af lattergas og fra brændstof tilsammen.

Tabel 3.7.2. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline

	Drivhusgasser i alt med kul- stofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kul- stofbinding*	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Kulstofbinding
	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ - ækv.	1.000 ton CO ₂ - ækv.
2021	135	-17	2	-34	15	152
2022	270	-34	4	-67	30	304
2023	406	-50	6	-101	45	456
2024	541	-67	8	-135	60	608
2025	676	-84	9	-168	75	760
2026	811	-101	11	-202	90	912
2027	947	-118	13	-236	105	1.064
2028	1.082	-135	15	-269	119	1.216
2029	1.217	-151	17	-303	134	1.368
2030	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2031	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2032	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2033	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2034	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2035	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2036	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2037	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2038	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2039	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2040	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2041	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2042	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2043	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2044	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2045	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2046	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2047	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2048	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2049	1.352	-168	19	-336	149	1.520
2050	1.352	-168	19	-336	149	1.520
Akkumuleret 2021-2030	7.438	-925	104	-1.850	821	8.363
Gennemsnit 2021- 2030	744	-92	10	-185	82	836
Gennemsnit 2031- 2050	1.352	-168	19	-336	149	1.520

Kilde. Olesen et al. (2018) samt egne beregninger

Usikkerheder

Olesen et al. (2018) oplyser, at reduktionspotentialerne ved tiltaget er meget usikre og kan være overvurderede, idet disse hviler på indledende undersøgelser.

Opgørelse af sideeffekter

Emissioner til luft:

- Ammoniak

Der vil være en mindre reduktion i ammoniakfordampningen på 2,51 kg N/ha uanset jordtype og tidligere anvendelse (Olesen et al., 2018), som leder til i alt 119 ton reduceret N ved den fulde implementering i 2030 og frem.

Emissioner til vandmiljøet:

- Kvælstof fra rodzonen

Tiltaget forudsættes at reducere kvælstofudvaskningen fra rodzonen med 62 kg N/ha/år fra de arealer, der før var i omdrift, og 40 kg/ha/år fra de arealer, der før var permanent græs (Olesen et al., 2018). Det svarer til i alt 2.673 ton i 2030 og hvert år fremover. Estimerne for reduceret kvælstofudvaskning er pga. ny viden lavere end det tidligere benyttede beregningsgrundlag i Dubgaard et al. (2013), hvor den forudsatte reduktion i kvælstofudvaskning var 113 kg N/ha.

- Fosfor

Udtagning af organogene jorder med ophør af dræning kan ske som et led i retablering af vådområder med henblik på at reducere udledningen af kvælstof og fosfor til vandmiljøet (Olesen et al., 2018). Ved etablering af vådområder på kulstofrig lavbundsjord vil der også kunne ske fosfortab (op. cit.). Der er ikke datagrundlag for at inddrage sådanne effekter i økonomiberegningerne.

3.7.4. Budgetøkonomiske effekter ved udtagning med ophør af dræning og gødskning

Berørte aktører

Tiltaget berører landmænd, som vælger at udtage jord, mens staten bliver berørt i form af øgede tilskudsudbetalinger og administrationsomkostninger i forbindelse med tiltaget.

Opgørelse af budgetøkonomi

Omkostningerne ved udtagning af organogene jorder beregnes som det mistede nettoafkast til jorden (jordrenten) i den oprindelige anvendelse samt plejeomkostninger. Der anvendes normalt budgetkalkuler fra SEGES til beregning af jordrenten ved forskellige arealanvendelser. Der findes imidlertid ikke budgetkalkuler for organogene jorder, hvor udbyttet er stærkt afhængigt af dræningstilstanden. I nærværende beregninger er der valgt samme løsning som i IFRO's Rapport 221 (Dubgaard et al., 2013), hvor budgetkalkuler for lerjord blev anvendt som udgangspunktet for beregning af jordrenten for veldrænede organogene jorder i omdrift. Det kan imidlertid forventes, at organogene jorder er knap så dyrkningssikre som lerjorder. På den baggrund anslås det, at jordrenten på drænede organogene jorder udgør 80 procent af jordrenten på lerjord ved dyrkning af almindelige landbrugsafgrøder, svarende til 3.778 kr./ha i 2021 og 3.592 kr./ha i 2030 (2017-kr.). Disse tal må betragtes som gennemsnitskøn, da der vil være en del variation i dræningstilstanden og dermed udbytterne for de pågældende arealer.

Ud over arealer i omdrift omfatter tiltaget udtagning af organogene jorder med permanent græs, som ikke hidtil har været pålagt restriktioner mht. dræning og gødskning. Det er vanskeligt at fastslå, hvad afkastet til disse jorder er. Budgetkalkuler fra SEGES viser en negativ jordrente ved udnyttelse af vedvarende græsarealer til slæt eller afgræsning, uanset om arealerne gødskes eller drives ekstensivt. Beregninger i Dubgaard et al. (2012) viser, at det generelt er forbundet med tab at foretage afgræsning eller høslæt på permanente græsarealer. Det gælder også ferske enge på organogen jord. Der vil således ikke være noget jordrentetab ved udtagning af arealer med permanent græs – ifølge disse beregninger. Da arealer med permanent græs udnyttes i et eller andet omfang, må man konkludere, at denne vurdering ikke nødvendigvis svarer til jordejernes opfattelse, men på grund af manglende muligheder for at kvantificere ejernes individuelle vurderinger af afkastet sættes jordrentetabet til nul i beregningerne (beregnete negative jordrenter nulstilles med den begrundelse, at arealet kunne henligge ubenyttet).

Omkostninger ved naturpleje af udtagne arealer

Plejeformen på de udtagne arealer kan enten være afgræsning eller høslæt. Færdsel med maskiner til slæt kan være vanskelig på grund af høj grundvandsstand på udrænede lavbundsarealer. Afgræsning med lette kødkvægracer som f.eks. Galloway vil være en mulighed. Nogle af de udtagne arealer vil muligvis også blive for våde til afgræsning, men der har ikke været grundlag for at kvantificere omfanget. Baseret på tidligere undersøgelser sættes de årlige plejeomkostninger ved afgræsning til 1.947 kr./ha opgjort i 2017-priser (Dubgaard et al., 2012). Det svarer til den negative jordrente ved afgræsning af ikke-gødsket fersk eng under ekstensive former,³⁶ og dette beløb indgår i beregningen af CO₂-skyggeprisen ved udtagning af organogene jorder med ophør af dræning og gødskning.

Det er begrænset, hvor meget ekstra afgræsning, der vil kunne foretages med den eksisterende kvægbestand. Afgræsning af omlagte organogene jorder vil derfor kræve en forøgelse af kvægbestanden, hvilket i praksis vil sige dyr tilhørende kødkvægracer. Forøgelsen af kvægbestanden vil give anledning til øget udledning af drivhusgasser, primært i form af metan fra dyrenes fordøjelse. Det har ikke umiddelbart været muligt at inddrage denne effekt i beregningerne.

Alternativt kan plejen foretages som høslæt eller slåning med opsamling af det afhøstede materiale, der efterfølgende kan anvendes i biogasanlæg eller til (økologisk) kompost. De årlige plejeomkostninger ved høslæt med standardudstyr skønnes at udgøre 1.338 kr./ha. Vurderingen er baseret på beregninger for ikke-gødsket fersk eng i Dubgaard et al. (2012). På grund af høj grundvandsstand kan man ikke forvente, at standardudstyr vil kunne anvendes på alle omlagte organogene arealer, men i de senere år er der udviklet del specialmaskiner til naturpleje på fugtige arealer, herunder større maskiner på bælte til samtidig slåning og opsamling af det afhøstede materiale.³⁷

³⁶ Den negative jordrente på 1.947 kr./ha er beregnet for helårsgræsning med hårdføre kødkvægracer (f.eks. Galloway) på arealer, hvor der er mulighed for at anvende foldstørrelser på (mindst) 6,5 ha. Ved afgræsning af lavbundsarealer kræver denne plejeform adgang til højere liggende, tørre arealer om vinteren. Det kan være andre naturarealer eller omdriftsarealer med efterafgrøder.

³⁷ For eksempler på anvendelse af denne type udstyr i dansk sammenhæng se: https://www.youtube.com/watch?v=lo-KWyW_IgQ. Andre eksempler kan findes under betegnelser som "Softak Cut & Collect Harvesting" (https://www.youtube.com/watch?v=Q_GvFIW16AI) og Wetlands Harvesting Equipment (<https://www.youtube.com/watch?v=DkRBHpOyO5A>).

Anvendelse af specialmaskiner må forventes at øge omkostningerne ved naturpleje på fugtige arealer. Med denne type udstyr vil der typisk være tale om maskinstationsopgaver, og udtagning af væsentligt flere lavbundsarealer, som forudsat i tiltaget, vil kunne bidrage til at reducere omkostningerne pga. øgede muligheder for stordriftsfordele. Det har ikke været muligt at beregne omkostningerne ved anvendelse af specialudstyr til slåning med opsamling. Som et løst skøn antages det, at denne form for pleje vil kunne foretages til omkostninger svarende til de tidligere nævnte afgræsningsomkostninger på knap 2.000 kr./ha – dvs. ca. 50 procent mere end omkostningerne ved anvendelse af standardudstyr til slæt. Under denne forudsætning vil den beregnede CO₂-skyggepris også gælde for anvendelse af specialudstyr til pleje af de udtagne organogene arealer.

Beregnete budgetøkonomiske omkostninger

Tabel 3.7.3 viser de beregnede driftsøkonomiske omkostninger i landbruget per ha ved udtagning af organogene jorder og efterfølgende naturpleje. For arealer i omdrift bliver de samlede omkostninger ved udtagning og naturpleje 5.725 kr./ha i 2021 og 5.539 kr./ha i 2030. Som beskrevet i forudsætningsafsnittet om jordrenteberegninger skyldes nedgangen i omkostningerne fra 2021 til 2030 forventede ændringer i prisrelationerne på afgrøder og input i produktionen. Jordrenten for permanent græs forudsættes som nævnt at være nul, og omkostninger ved udtagning består derfor alene af plejeomkostningerne på 1.947 kr./ha. Engangsomkostninger til sløjfning af dræning og andre anlægsarbejder indgår under de budgetøkonomiske omkostninger for staten i tabel 3.7.4.

Tabel 3.7.3. Driftsøkonomiske omkostninger ved udtagning af organogene jorder til græs med ophør af dræning og gødskning, uden tilskud, kr. per ha, 2017-priser

Kr./ha	Jord i omdrift		Permanent græs	
	2021	2030	2021	2030
Jordrentetab	3.778	3.592	0	0
Plejeudgifter	1.947	1.947	1.947	1.947
Samlede omkostninger	5.725	5.539	1.947	1.947

Kilde: SEGES (2016), OECD/FAO (2016), Jensen (2017), Energistyrelsen (2017a), Dubgaard et al. (2012) samt egne beregninger

I tabel 3.7.4 ses et skøn over anlægsomkostninger ved udtagning af lavbundsgræs til våde enge. Skønnet bygger på overslag over anlægsomkostninger i forundersøgelser foretaget for Naturstyrelsen i forbindelse med ordningen om udtagning af lavbundsgræs, der skal bidrage til sikring af biodiversitet, reduktion af kvælstofudvaskning og lavere udledning af drivhusgasser. En del af de tilgængelige forundersøgelser omfatter projekter, hvor der indgår betydelige omkostninger, som ikke er direkte relateret til etablering af våde enge. Det drejer sig bl.a. om forhøjning af diger, omlægning af vandløb, etablering af gydebænke, omfattende terrænreguleringer og omlægning af veje. Til beregningerne i tabel 3.7.4 er der udvalgt to større projektområder, hvor omkostningerne primært omfatter sløjfning af dræn, grøfter og drænbrønde, afværgeforanstaltninger og mindre vandløbsreguleringer (Naturstyrelsen 2016 og 2017).

Anlægsomkostningerne er på den baggrund opgjort til i størrelsesordenen 5.800 kr./ha. Dette beløb indgår som en engangsudgift for staten i beregningerne af de samfundsmæssige omkostninger ved

udtagning af organogene jorder med ophør af dræning og gødskning. Dette skal ses som et skøn og i praksis vil omkostningerne formentlig variere fra område til område. Følsomhedsanalyser ved en halvering, fordobling og firedobling af anlægsomkostningerne viser dog, at skyggepriserne ikke i nævneværdig grad er følsomme over for anlægsomkostningerne i de forudsatte omfang, da de kun falder i dét år jorden bliver udtaget.

Tabel 3.7.4. Anlægsomkostninger ved udtagning af lavbundsjorder til våde enge

Lokalitet	Tiltag	Areal, ha	Omkostninger i alt, kr.	Omkostninger pr. ha
Mullerup Mose	Spærring af dræn og grøfter, hævnning af grusveje mm.	133	753.000	5.662
Svoldrup Kær og Enge	Afbrydelse af dræn og drænbrønde, afværgeforanstaltninger mm.	382	2.244.000*	5.874
Samlet		515	2.997.000	5.819

* Beløbet er ekskl. 896.000 kr. til genslyngning og åbning af vandløb.

Kilder: Naturstyrelsen (2016) og (2017).

Tabel 3.7.5 viser de beregnede budgetøkonomiske omkostninger ved implementering af tiltaget fordelt på landbruget og staten. I tabellen er der kun omkostninger for staten, da tiltaget forudsætter, at landbruget kompenseres fuldt ud for omkostningerne ved udtagning og pleje af arealerne. Da den beregnede jordrente falder frem mod 2030, reduceres det fastsatte tilskud tilsvarende. I den resterende del af beregningsperioden holdes jordrentetabet og således også tilskudssatsen konstant.

Tabel 3.7.6 viser de beregnede omkostninger i landbruget fordelt på omkostningskategorier. Den mistede jordrente fra de arealer, der før var i omdrift, er beregnet til 1,7 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til en annuieret omkostning på 99 mio. kr. De annuierede omkostninger til pleje af arealerne udgør 71 mio.kr., svarende til 1,2 mia. kr. i nutidsværdi. De samlede omkostninger i landbrugssektoren bliver således 2,9 mia.kr. i nutidsværdi for hele analyseperioden, svarende til 170 mio. kr. annuieret. Med det angivne implementeringsinstrument forudsættes disse omkostninger dækket gennem tilskud fra den danske stat.

EU-tilskud til plejeforanstaltninger mv. indgår ikke i beregningerne. Det skyldes, at disse tilskud generelt hentes inden for en fast bevillingsramme for Danmark. Er denne ramme udfyldt, vil yderligere tilskud til et givet tiltag reducere tilskudsmulighederne for andre aktiviteter tilsvarende. Da der er usikkerhed om fremtidige EU-tilskudsordninger og betingelserne for disse, forudsættes det, at hele plejetilskuddet betales af den danske stat (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

Heller ikke støtte via EU's enkeltbetalingsordning indgår i beregningerne. Det skyldes, at udtagne arealer stadig kan modtage støtte, så længe arealerne vedligeholdes gennem afgræsning eller slåning. Nogle af de udtagne arealer kan evt. blive så fugtige, at de krævede plejeforanstaltninger ikke kan gennemføres. Hvis formålet med udtagningen er at opfylde et direktiv, kan der dog stadig modtages grundbetaling/direkte arealstøtte (NaturErhvervstyrelsen, 2017). Det forudsættes, at udtagningen i tiltaget kan betragtes som direktivimplementerende, og at jordejeren dermed fortsat kan modtage grundbetaling.

Tabel 3.7.7 viser de beregnede omkostninger for staten fordelt på tilskud, anlægsomkostninger og administrationsomkostninger. Tilskuddet svarer til størrelsen af de beregnede omkostninger i landbruget ved arealudtagning og plejeforanstaltninger. Fra den fulde implementering i 2030 og frem kræves der en støtte på 219 mio. kr./år. For hele beregningsperioden svarer dette til en annuieret udgift for staten på 170 mio. kr. og 2,9 mia. kr. i nutidsværdi. Netto vil omkostningerne for landmanden således være nul igennem beregningsperioden. Derudover indgår de beregnede engangsomkostninger for staten på 5.800 kr./ha til diverse anlægsarbejder beregnet i tabel 3.7.4 ovenfor. Disse omkostninger falder i udtagningsåret. Ved en udtagning på 4.740 ha per år i perioden 2021-2030 svarer dette til en årlig omkostning på 28 mio. kr. Nutidsværdien af dette er beregnet til 224 mio. kr. og 13 mio. kr. annuieret.

Statens omkostninger til administration af tiltaget er opgjort på baggrund af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009), fremskrevet til 2017-priser og justeret for antal hektar, da der ikke har foreligget nyere opgørelser ved denne rapportes udarbejdelse. Der er betydelig usikkerhed om opgørelsen af de administrative omkostninger. Administrationsomkostningerne er beregnet til 13 mio. kr. annuieret, svarende til 219 mio. kr. i nutidsværdi for hele beregningsperioden. De samlede annuierede udgifter for staten i forbindelse med tiltaget er således 196 mio. kr., svarende til knap 3,4 mia. kr. i nutidsværdi for hele beregningsperioden.

Tabel 3.7.5. Budgetøkonomiske omkostninger for berørte aktørgrupper, mio. kr., 2017-priser, 30-årig periode

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	0	0
2020	0	0
2021	70	0
2022	85	0
2023	107	0
2024	129	0
2025	151	0
2026	173	0
2027	195	0
2028	216	0
2029	238	0
2030	259	0
2031	231	0
2032	231	0
2033	231	0
2034	231	0
2035	231	0
2036	231	0
2037	231	0
2038	231	0
2039	231	0
2040	231	0
2041	231	0
2042	231	0
2043	231	0
2044	231	0
2045	231	0
2046	231	0
2047	231	0
2048	231	0
2049	231	0
2050	231	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	1.260	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	3.384	0
Annuitet for perioden 2021-2030*	155	0
Annuitet for perioden 2021-2050*	196	0

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.7.6. Budgetøkonomiske omkostninger i landbruget fordelt på omkostningskategorier og indtægter, mio. kr., 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	Plejeudgifter	Jord-Rentetab	Produktionsindtægter	Besparelser af fx energi, gødning	Afgifter og skatter (netto)	Tilskud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	9	13	0	0	0	-23	0	0
2022	0	0	18	27	0	0	0	-45	0	0
2023	0	0	28	40	0	0	0	-67	0	0
2024	0	0	37	52	0	0	0	-89	0	0
2025	0	0	46	65	0	0	0	-111	0	0
2026	0	0	55	78	0	0	0	-133	0	0
2027	0	0	65	90	0	0	0	-155	0	0
2028	0	0	74	102	0	0	0	-176	0	0
2029	0	0	83	115	0	0	0	-198	0	0
2030	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2031	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2032	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2033	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2034	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2035	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2036	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2037	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2038	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2039	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2040	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2041	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2042	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2043	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2044	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2045	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2046	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2047	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2048	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2049	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
2050	0	0	92	127	0	0	0	-219	0	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	388	542	0	0	0	-929	0	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	1.235	1.706	0	0	0	-2.941	0	0
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	48	67	0	0	0	-115	0	0
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	71	99	0	0	0	-170	0	0

Kilde: Egne beregninger

Anm.: Et minus angiver en indtægt. Søjlen "investering" er udelukkende med for at vise hvornår investeringsudgiften falder tidsmæssigt i perioden, og er således ikke med i søjlen "sum".

Tabel 3.7.7. Budgetøkonomiske omkostninger for staten fordelt på omkostningskategorier og indtægter, mio. kr., 2017-priser

Stat (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	Anlægsomkostninger	Administration	Tilskudsudgift	Be-sparelser	Afgifts- og skatteprovenu+ brugerbetaling (netto)	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	28	20	23	0	0	0	70
2022	0	0	28	12	45	0	0	0	85
2023	0	0	28	12	67	0	0	0	107
2024	0	0	28	12	89	0	0	0	129
2025	0	0	28	12	111	0	0	0	151
2026	0	0	28	12	133	0	0	0	173
2027	0	0	28	12	155	0	0	0	195
2028	0	0	28	12	176	0	0	0	216
2029	0	0	28	12	198	0	0	0	238
2030	0	0	28	12	219	0	0	0	259
2031	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2032	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2033	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2034	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2035	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2036	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2037	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2038	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2039	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2040	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2041	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2042	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2043	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2044	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2045	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2046	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2047	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2048	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2049	0	0	0	12	219	0	0	0	231
2050	0	0	0	12	219	0	0	0	231
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	224	107	929	0	0	0	1.260
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	224	219	2.941	0	0	0	3.384
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	28	13	115	0	0	0	155
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	13	13	170	0	0	0	196

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Der knytter sig usikkerhed til fremskrivningerne af de udbytter og priser, som ligger til grund for beregning af jordrenterne frem til 2030. Endvidere er opgørelserne af anlægs- og administrationsomkostninger forbundet med betydelig usikkerhed.

3.7.5. Velfærdsøkonomiske effekter ved udtagning med ophør af dræning og gødskning

Værdi af sideeffekter der kan prissættes

De velfærdsøkonomiske omkostninger ved tiltaget fremgår af tabel 3.7.8, hvor også værdien af sideeffekter indgår. Det drejer sig om den samfundsøkonomiske værdi af reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen og reduceret ammoniakfordampning.

Udtagning af 47.400 ha organogen jord med ophør af dræning og gødskning antages at reducere udledningen af kvælstof med 2.673 ton N per år ved tiltagets fulde implementering i 2030. Der findes to estimater af den samfundsøkonomiske skyggepris på reduktion af kvælstofudvaskning fra rodzonen estimeret af Jacobsen (2017), hhv. 25 kr./kg N og 60 kr./kg N (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Med en skyggepris på 25 kr./kg N repræsenterer udvaskningsreduktionen en samfundsøkonomisk gevinst på 67 mio. kr. årligt fra og med 2030. Nutidsværdien af den reducerede kvælstofudvaskning er beregnet til 894 mio. kr. for hele beregningsperioden, svarende til en annuiseret værdi på 52 mio. kr. Ved den høje skyggepris på 60 kr./kg N bliver gevinsten 160 mio. kr. årligt fra og med 2030. Nutidsværdien er 2,1 mia. kr. for hele perioden, svarende til en annuiseret værdi på 124 mio. kr.

Reduktionen i ammoniakfordampning vil være 119 ton N per år ved fuld implementering i 2030. Med en skyggepris på 58 kr./kg NH₃-N (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018) svarer det til en samfundsøkonomisk gevinst på 7 mio. kr. årligt fra 2030 og frem. Nutidsværdien af reduceret ammoniakfordampning er beregnet til 92 mio. kr., svarende til en annuiseret værdi på 5 mio. kr.

Samlet repræsenterer sideeffekterne (ved en skyggepris på 25 kr./kg N) en samfundsøkonomisk gevinst på 986 mio. kr. i nutidsværdi for beregningsperioden og 57 mio. kr. annuiseret. Ved den høje skyggepris på 60 kr./kg N udgør den samlede værdi af sideeffekterne 2,2 mia. kr. i nutidsværdi og 129 mio. kr. annuiseret.

Opgørelse af forvridningseffekter

Statens udgifter til anlægsomkostninger, administration og tilskudsbetalinger forudsættes finansieret ved at hæve bundskatten (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet 2018). Det antages at medføre et forvridningstab på 10 procent af skatteprovenuet plus NAF (op. cit.). Nutidsværdien af forvridningstabet er beregnet til 448 mio. kr.

Opgørelse af velfærdsøkonomi

De samfundsøkonomiske omkostninger ved tiltaget udgøres af de driftsøkonomiske omkostninger for landbruget (jordrentetab og plejeomkostninger), anlægsomkostninger og administrationsudgifter for staten samt den velfærdsøkonomiske værdi af reduceret kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning. Selve tilskudsbetalingerne indgår ikke i de velfærdsøkonomiske opgørelser, idet disse udgør

transfereringer mellem grupper i samfundet. Deres skatteforvridningseffekt samt skatteforvridningseffekten af statens udgifter til administration og anlægsomkostninger indgår dog som ovenfor nævnt.

Som det fremgår af tabel 3.7.8, er tiltagets CO₂-skyggepris inklusive sideeffekter beregnet til 218 kr./ton CO₂-ækv. Ved den høje værdi af reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N reduceres CO₂-skyggeprisen til 149 kr./ton CO₂-ækv. Uden sideeffekter stiger CO₂-skyggeprisen til 273 kr./ton CO₂-ækv. Hvis kulstoflagring ikke kan medregnes, har tiltaget ikke relevans som middel til opfyldelse af Danmarks reduktionsforpligtelser for ikke-kvotesektoren, da den øgede udledning af metan overstiger den samlede effekt af reduktionerne i lattergasudledning og brændstofforbrug.

Sammenlignet med beregningerne i Dubgaard et al. (2013) er reduktionerne fra lattergas og kulstoflagring væsentligt forhøjet i de nuværende beregninger. På den anden side indgår en øget udledning af metan i de nuværende beregninger, hvilket ikke var tilfældet i Dubgaard et al. (2013). Tiltagets CO₂-skyggepris blev beregnet til 150 kr./ton CO₂-ækv. inkl. kulstoflagring og sideeffekter. Uden sideeffekter øgedes den beregnede CO₂-skyggepris inkl. kulstoflagring til 603 kr./CO₂-ækv.

Tabel 3.7.8. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. 30-årig periode

Velfærds- økonomi	Anlægs- omkost- ninger	Plejeom- kost- ninger	Admini- stration	Jord- rente- tab	Værdi af side- effekter	Forvri- dning	Velfærds-øko- nomiske om- kost-ninger i alt	Reduktion af driv- hus-gasser inkl. kul- stof-binding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	37	12	26	18	-7	9	95	135
2022	37	24	16	35	-15	11	109	270
2023	37	37	16	52	-22	14	134	406
2024	37	49	16	69	-29	17	159	541
2025	37	61	16	86	-37	20	183	676
2026	37	73	16	103	-44	23	208	811
2027	37	86	16	119	-52	26	232	947
2028	37	98	16	136	-59	29	256	1.082
2029	37	110	16	152	-66	31	280	1.217
2030	37	122	16	168	-74	34	304	1.352
2031	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2032	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2033	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2034	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2035	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2036	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2037	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2038	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2039	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2040	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2041	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2042	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2043	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2044	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2045	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2046	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2047	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2048	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2049	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
2050	0	122	16	168	-74	31	263	1.352
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	296	1.636	291	2.260	-986	448	3.945	18.095
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.								inkl. kulstofbinding
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 25 kr./kg N								218
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 60 kr./kg N								149
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								273

Kilde: Egne beregninger

Usikkerheder

Der knytter sig usikkerheder til opgørelsen af tiltagets effekt på drivhusgasudledningerne, som bevirker, at de beregnede skyggepriser kan være undervurderet. Der er ligeledes usikkerheder med hensyn til beregningen af jordrenter baseret på pris- og udbyttefremskrivninger.

3.7.6. Følsomhedsanalyser for udtagning med ophør af dræning og gødskning

Der er foretaget beregninger af CO₂-skyggeprisens følsomhed over for ændringer i diskonteringsrenten og skatteforvridningstab. Resultaterne vises i tabel 3.7.9 for den lave skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N og 60 kr./kg N, men beskrives alene for den lave kvælstofskyggepris.

En halvering, fordobling eller firedobling af statens anlægsomkostninger påvirker ikke skyggepriserne i nævneværdigt grad, da disse omkostninger kun falder én gang i perioden 2021-2030.

Som det ses i tabellen, påvirkes CO₂-skyggepriserne ikke af ændrede diskonteringsrenter. Det skyldes, at der ikke er nogen tidsmæssig forskydning mellem omkostninger og resulterende benefits (herunder reducerede drivhusgasudledninger) gennem analyseperioden. Derimod påvirkes skyggeprisen af ændringer i skatteforvridningstab i kraft af, at tiltaget forudsætter tilskudsbetalinger til landbruget. Ved en reduktion i det generelle skatteforvridningstab fra 10 til 5 procent og tilsvarende fra 9 til 4,5 procent for det landbrugsspecifikke forvridningstab reduceres skyggeprisen fra 218 til 206 kr./ton CO₂-ækv. Ved et forøget skatteforvridningstab på hhv. 20 og 18 procent øges skyggeprisen til 243 kr./ton CO₂-ækv. Der er således ikke tale om nogen større følsomhed over for ændringer i skatteforvridningssatsen.

Tabel 3.7.9. Resultater af følsomhedsanalyser

	Reduktion CO ₂ -ækv., årligt gennemsnit i perioden 2021-2030	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 25 kr./kg N	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 60 kr./kg N
	1.000 ton	kr./ton CO ₂ -ækv.	kr./ton CO ₂ -ækv.
Basisberegning	744	218	149
Halvering af anlægsomkostninger til 2.910 kr./ha		209	140
Fordobling af anlægsomkostninger til 11.639 kr./ha		236	167
Firedobling af anlægsomkostninger til 23.278 kr./ha		272	203
Diskonteringsrate 0 %		210	140
Diskonteringsrate 2 %		214	144
Diskonteringsrate 6 %		223	154
Skatteforvridningstab, 5 %/4,5 %		206	136
Skatteforvridningstab, 20 %/18 %		243	174

Kilde: Egne beregninger

3.7.7. Samlet vurdering af virkemidlet Udtagning med ophør af dræning og gødskning

Konsekvenser:

Tiltaget forudsætter, at 47.400 ha drænedede organogene lavbundsarealer omlægges til permanent græs med ophør af dræning, jordbearbejdning og gødskning. Ved ophør med dræning vil grundvandstanden stige, og nedbrydningen af organisk materiale i jorden vil ophøre, således at kulstoflagringen øges. Reduceret nedbrydning og ophør med N-gødskning vil reducere udledningen af lattergas og ammoniakfordampningen, ligesom kvælstofudvaskningen reduceres (Olesen et al., 2018). Derudover spares brændstof ved ophør med dyrkning af de udtagne arealer. Dog øges udledningen af metan fra de nu vandmættede jorder. Ifølge beregningerne vil den øgede kulstoflagring i jorden reducere CO₂-udledningerne med 1.520.000 ton/år ved tiltagets fulde implementering i 2030. Lattergasudledningerne reduceres med 149.000 ton CO₂-ækv./år, mens udledningerne fra brændstofforbrug reduceres med knap 19.000 ton CO₂/år. Metanudledningen øges med 336.000 ton CO₂-ækv./år. Nettoeffekten af tiltaget vil være en reduktion drivhusgasudledningerne på 1.352.000 CO₂-ækv./år ved fuld implementering i 2030 og hvert år derefter. Hvis der ikke er mulighed for at medtage den positive effekt på kulstoflagringen (under LULUCF), vil tiltaget øge de opgjorte drivhusgasudledninger i ikke-kvotesektoren. Det drejer sig om en forøgelse på 168.000 ton CO₂-ækv./år fra og med 2030. Stigningen skyldes, at effekten af den øgede udledning af metan overstiger den samlede effekt af de reducerede udledninger af lattergas og fra brændstof.

Implementeringsinstrument:

Det forudsatte implementeringsinstrument er tilskud til kompensation for tab af jordrente ved udtagning samt nettoomkostninger ved efterfølgende naturpleje af arealerne.

Budgetøkonomiske omkostninger:

Omkostningerne ved tiltaget er mistede jordrenter for den jord, der før var i omdrift, samt efterfølgende udgifter til pleje af de udtagne arealer. Det samlede jordrentetab ved udtagning af arealer, er beregnet til 1,7 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til annuiserede omkostninger på 99 mio. kr. Plejeomkostningerne er beregnet til 1,2 mia. kr. nutidsværdi, svarende til 71 mio. kr. annuiseret. De samlede omkostninger i landbrugssektoren bliver således 2,9 mia. kr. i nutidsværdi for hele analyseperioden, svarende til 170 mio. kr. annuiseret. Med det angivne implementeringsinstrument forudsættes det, at disse omkostninger dækkes gennem tilskud. Tilskuddet repræsenterer en annuiseret udgift for staten på 170 mio. kr. over hele beregningsperioden, svarende til 2,9 mia. kr. nutidsværdi. Derudover vil staten have anlægsomkostninger til bl.a. sløjfning af dræn i etableringsårene og disse er beregnet til en nutidsværdi på 224 mio. kr. og en annuiseret udgift på 13 mio. kr. Når administrationsomkostninger medtages, bliver de samlede annuiserede udgifter for staten 196 mio. kr., svarende til 3,4 mia. kr. i nutidsværdi for hele beregningsperioden.

Samfundsøkonomiske CO₂-skyggepriser:

I de samfundsøkonomiske beregninger indgår værdien af reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen og reduceret ammoniakfordampning. CO₂-skyggeprisen er beregnet for en lav skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N og en høj skyggepris på 60 kr./kg N. Ved den lave skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning er CO₂-skyggeprisen 218 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter. Ved den høje værdi af reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N reduceres CO₂-skyggeprisen til

149 kr./ton CO₂-ækv. Uden sideeffekter stiger CO₂-skyggeprisen til 273 kr./ton CO₂-ækv. De beregnede skyggepriser må betegnes som relativt lave, og tiltaget må forventes at kunne yde et omkostningseffektivt bidrag til opfyldelse af Danmarks reduktionsforpligtelser for ikke-kvotesektoren. Hvis kulstoflagring ikke kan medregnes, har tiltaget ikke relevans som middel til opfyldelse af Danmarks reduktionsforpligtelser, da stigningen i udledningen af metan overstiger den samlede effekt af reduktioner i lattergasudledning og brændstofforbrug.

Usikkerheder:

Opgørelsen af reduktionspotentialerne ved tiltaget er meget usikre og kan være overvurderede, idet disse hviler på indledende undersøgelser. For at virkemidlets effekt på kulstoflagring kan bidrage til Danmarks opfyldelse af EU's 2030-mål på det ikke-kvoteomfattede område, skal der være plads til at medregne den øgede kulstoflagring under den mængde LULUCF-kreditter, som Danmark er blevet tildelt. Hvis det ikke er muligt, vil virkemidlet bidrage negativt til opfyldelse af reduktionsmålet. Det skyldes som tidligere nævnt, at effekten af den øgede udledning af metan overstiger den samlede effekt af de reducerede udledninger af lattergas og fra brændstof. Endelig knytter der sig usikkerhed til jordejernes respons på de forudsatte tilskud til udtagning og plejeforanstaltninger. Det er endvidere forudsat, at vandstanden på arealerne vil kunne øges til 0-20 cm under terræn for at sikre den optimale klimaeffekt. Dette kan i nogle tilfælde være svært eller dyrt at opnå, da der kan være konsekvenser for omkringliggende arealer. Hvis vandstanden ikke øges tilstrækkeligt, vil effekten på nettokulstoflagring være mindre, og dermed reduceres også potentialet i virkemidlet. Der er ikke tilstrækkeligt grundlag for at vurdere, i hvor stort omfang vandstanden i praksis vil kunne øges til 0-20 cm under terræn på de organogene jorder.

3.7.8. Beskrivelse af virkemidlet Udtagning med fortsat dræning med eller uden gødskning

I dette afsnit beskrives konsekvenserne ved udtagning af 35.300 ha drænede organogene jorder i omdrift til permanent græs, enten med eller uden gødskning, men med fortsat dræning. Forudsætningen om fortsat dræning betyder, at reduktionen i drivhusgasudledningerne per ha i dette tilfælde vil være mindre end i scenariet ovenfor. Reduktionen i udtagningspotentialet fra 47.400 ha til 35.300 ha skyldes, at der i nærværende scenarie alene udtages organogene jorder i omdrift, mens 25 procent af udtagningspotentialet i det foregående scenarie omfatter arealer med permanent græs. De udtagne arealer består af 12.800 ha med 6-12 procent OC og 22.500 ha med >12 procent OC (Olesen et al., 2018). Dette scenarie er derfor kun delvist overlappende med scenariet med ophør af dræning ovenfor.

Det antages, at plejeformen på de udtagne organogene jorder med fortsat dræning vil være høslæt, som er den billigste plejeform for ekstensive græsarealer, der er tørre nok til færdsel med maskiner (Dubgaard et al., 2012). Som i standardscenariet antages det, at det ikke vil være muligt at opnå en positiv jordrente ved den forudsatte udnyttelse af de udtagne arealer, uanset om der gødskes. Jordrenten for de udtagne arealer sættes derfor til nul i beregningerne. Omfanget af drivhusgasreduktioner og sideeffekter afhænger af, om der gødskes. Derfor beregnes to skyggepriser, én med fortsat gødskning og én hvor gødskning ophører.

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren, fortsat dræning og fortsat gødsning

Fortsættelse af dræning betyder, at kulstoflagring er lavere end ved ophør med dræning. For arealer med over 12 procent kulstof, vil reduktionen være 11,37 ton CO₂-ækv./ha, mens den for arealer med 6-12 procent vil være 5,68 ton CO₂-ækv./ha (Olesen et al., 2018). Metanudledningerne, der er væsentlig lavere end i scenariet med ophør med dræning, udgør 0,40 ton CO₂-ækv./ha uanset kulstofindhold i jorden. Udledningen af lattergas vil blive reduceret med 1,48 ton CO₂-ækv./ha på arealer med >12 procent OC og 0,05 ton CO₂-ækv./ha på arealer med 6-12 procent OC (op. cit.). Brændstofbesparelsen er sat til 0,20 ton CO₂/ha. Effekten af den øgede udledning af metan overstiger således ikke længere den samlede effekt af de reducerede udledninger af lattergas og fra brændstof.

Som det ses i tabel 3.7.10 er den samlede drivhusgasreduktion inklusive kulstoflagring fra de 35.300 ha opgjort til 355.000 ton CO₂-ækv. årligt fra og med 2030, mens reduktionerne eksklusive kulstoflagring er beregnet til 27.000 ton CO₂-ækv.

Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren, fortsat dræning, ophør af gødsning

Følgende emissionsdata er fra Olesen et al. (2018): Ved ophør af gødsning vil øget kulstoflagring samt metanudledninger svare til scenariet med fortsat gødsning. Der vil dog blive udledt færre drivhusgasser i form af lattergas og CO₂ fra brændstofforbrug i forhold til scenariet med fortsat gødsning ovenfor. Ved ophør med gødsning vil lattergasudledningerne blive reduceret med i alt 2,34 ton CO₂-ækv./ha på arealer med >12 procent OC, og 0,91 ton CO₂-ækv./ha på arealer med 6-12 procent OC. Som følge af ophør med gødsning reduceres brændstofforbruget og dermed drivhusgasudledninger med 0,40 ton CO₂-ækv./ha.

Som det ses af tabel 3.7.11, vil drivhusgasudledningerne blive reduceret med 393.000 ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring og 64.000 ton CO₂-ækv. eksklusive kulstoflagring ved tiltagets fulde implementering i 2030 og frem.

Tabel 3.7.10. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor i forhold til baseline, fortsat dræning og gødskning

	Drivhusgasser i alt med kulstofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kulstofbinding*	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Kulstofbinding
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	36	3	1	-1	3	33
2022	71	5	1	-3	7	66
2023	107	8	2	-4	10	99
2024	142	11	3	-6	14	131
2025	178	13	4	-7	17	164
2026	213	16	4	-8	20	197
2027	249	19	5	-10	24	230
2028	284	22	6	-11	27	263
2029	320	24	6	-13	31	296
2030	355	27	7	-14	34	329
2031	355	27	7	-14	34	329
2032	355	27	7	-14	34	329
2033	355	27	7	-14	34	329
2034	355	27	7	-14	34	329
2035	355	27	7	-14	34	329
2036	355	27	7	-14	34	329
2037	355	27	7	-14	34	329
2038	355	27	7	-14	34	329
2039	355	27	7	-14	34	329
2040	355	27	7	-14	34	329
2041	355	27	7	-14	34	329
2042	355	27	7	-14	34	329
2043	355	27	7	-14	34	329
2044	355	27	7	-14	34	329
2045	355	27	7	-14	34	329
2046	355	27	7	-14	34	329
2047	355	27	7	-14	34	329
2048	355	27	7	-14	34	329
2049	355	27	7	-14	34	329
2050	355	27	7	-14	34	329
Akkumuleret 2021-2030	1.955	148	39	-78	187	1.807
Gennemsnit 2021-2030	195	15	4	-8	19	181
Gennemsnit 2031-2050	355	27	7	-14	34	329

Kilde: Olesen et al. (2018) samt egne beregninger

Tabel 3.7.11. Reduktion af drivhusgasser i ikke-kvotesektor ift. baseline, fortsat dræning, ophør af gødskning

	Drivhusgasser i alt med kul- stofbinding*	Drivhusgasser i alt uden kul- stofbinding*	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Kulstof- binding
	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2021	39	6	1	-1	6	33
2022	79	13	3	-3	13	66
2023	118	19	4	-4	19	99
2024	157	26	6	-6	26	131
2025	196	32	7	-7	32	164
2026	236	39	8	-8	39	197
2027	275	45	10	-10	45	230
2028	314	51	11	-11	51	263
2029	354	58	13	-13	58	296
2030	393	64	14	-14	64	329
2031	393	64	14	-14	64	329
2032	393	64	14	-14	64	329
2033	393	64	14	-14	64	329
2034	393	64	14	-14	64	329
2035	393	64	14	-14	64	329
2036	393	64	14	-14	64	329
2037	393	64	14	-14	64	329
2038	393	64	14	-14	64	329
2039	393	64	14	-14	64	329
2040	393	64	14	-14	64	329
2041	393	64	14	-14	64	329
2042	393	64	14	-14	64	329
2043	393	64	14	-14	64	329
2044	393	64	14	-14	64	329
2045	393	64	14	-14	64	329
2046	393	64	14	-14	64	329
2047	393	64	14	-14	64	329
2048	393	64	14	-14	64	329
2049	393	64	14	-14	64	329
2050	393	64	14	-14	64	329
Akkumuleret 2021- 2030	2.161	354	78	-78	354	1.807
Gennemsnit 2021- 2030	216	35	8	-8	35	181
Gennemsnit 2031- 2050	393	64	14	-14	64	329

Kilde: Olesen et al. (2018) samt egne beregninger

3.7.9. Budgetøkonomiske omkostninger ved udtagning med fortsat dræning

I dette scenarie udtages der kun jord i omdrift, og jordrentetab samt udgifter til pleje af de etablerede græsarealer med høslæt indgår derfor i opgørelsen af landbrugets budgetøkonomiske omkostninger. Baseret på beregninger for ikke-gødsket fersk eng skønnes de årlige plejeomkostninger (den negative jordrente) ved høslæt at udgøre 1.338 kr./ha (Dubgaard et al., 2012). Dette svarer til arealer af fersk eng på 6,5 ha i Dubgaard et al. 2012). Jordrentetabet ved organogen jord er beregnet til 3.778 kr./ha i 2021, hvilket falder til 3.592 kr./ha i 2030. Som det ses af tabel 3.7.12, er de samlede omkostninger for landmanden ved at udtage jord i omdrift til permanent græs dermed beregnet til 5.116 kr./ha i 2021 og 4.930 kr./ha i 2030.

Tabel 3.7.12. Driftsøkonomiske omkostninger ved udtagning organogene jorder til vedvarende græs med fortsat dræning, uden tilskud, kr. per ha, i 2021 og 2030

kr./ha	Jord i omdrift	
	2021	2030
Jordrentetab	3.778	3.592
Plejeudgifter	1.338	1.338
Samlede omkostninger	5.116	4.930

Kilde: SEGES (2016), OECD/FAO (2016), Jensen (2017), Energistyrelsen (2017a), Dubgaard et al. (2012) samt egne beregninger

Tabel 3.7.13 nedenfor viser de budgetøkonomiske omkostninger for landbruget og staten. De budgetøkonomiske omkostninger for landbruget med og uden gødskning er identiske og er beregnet til 2,3 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til 135 mio. kr. annuieret. Dog får landmanden som i basisscenariet et break even-tilskud svarende til plejeomkostningen, således at nettoomkostningerne for landbruget er nul.

Statens udgifter til tilskud vil også være tilsvarende mindre i forhold til standardscenariet, og administrationsomkostningerne forudsættes proportionelt mindre, idet et mindre areal skal administreres i dette scenarie. Samlet vil staten, ved udtagning af 35.300 ha organogene jorder i omdrift til permanent græs, have udgifter svarende til en nutidsværdi på 2,5 mia. kr. og 145 mio. kr. annuieret.

Tabel 3.7.13. Budgetøkonomiske omkostninger ved udtagning organogene jorder med fortsat dræning, mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

	Stat	Landbrug
Årlige omkostninger:	mio. kr.	mio. kr.
2019	0	0
2020	0	0
2021	33	0
2022	45	0
2023	63	0
2024	80	0
2025	98	0
2026	115	0
2027	132	0
2028	149	0
2029	166	0
2030	183	0
2031	183	0
2032	183	0
2033	183	0
2034	183	0
2035	183	0
2036	183	0
2037	183	0
2038	183	0
2039	183	0
2040	183	0
2041	183	0
2042	183	0
2043	183	0
2044	183	0
2045	183	0
2046	183	0
2047	183	0
2048	183	0
2049	183	0
2050	183	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2030*	819	0
Netto-nutidsværdi for perioden 2021-2050*	2.501	0
Annuitet for perioden 2021-2030*	101	0
Annuitet for perioden 2021-2050*	145	0

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.7.14. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Landbrug (mio. kr.)	Investering	Afskrivninger	Plejeudgifter	Jordrentetab	Produktionsindtægter	Besparelser af fx energi, gødning	Afgifter og skatter (netto)	Tilskud	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	5	13	0	0	0	-18	0	0
2022	0	0	9	27	0	0	0	-36	0	0
2023	0	0	14	40	0	0	0	-54	0	0
2024	0	0	19	52	0	0	0	-71	0	0
2025	0	0	24	65	0	0	0	-89	0	0
2026	0	0	28	78	0	0	0	-106	0	0
2027	0	0	33	90	0	0	0	-123	0	0
2028	0	0	38	102	0	0	0	-140	0	0
2029	0	0	43	115	0	0	0	-157	0	0
2030	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2031	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2032	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2033	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2034	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2035	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2036	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2037	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2038	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2039	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2040	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2041	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2042	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2043	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2044	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2045	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2046	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2047	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2048	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2049	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
2050	0	0	47	127	0	0	0	-174	0	0
Nettonutidsværdi for perioden 2021-2030*	0	0	198	542	0	0	0	-740	0	0
Nettonutidsværdi for perioden 2021-2050*	0	0	632	1.706	0	0	0	-2.338	0	0
Annuitet for perioden 2021-2030*	0	0	24	67	0	0	0	-91	0	0
Annuitet for perioden 2021-2050*	0	0	37	99	0	0	0	-135	0	0

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.7.15. Budgetøkonomiske omkostninger i mio. kr. fordelt på typer af udgifter og indtægter, 2017-priser

Stat (mio. kr.)	Invest- ering	Afskriv- ninger	D&V	Ad- minis- tration	Tilskuds- udgift	Be- sparel- ser	Afgifts- og skatte- provenu+ bruger- betaling (netto)	Øvrigt	Sum
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	15	18	0	0	0	33
2022	0	0	0	9	36	0	0	0	45
2023	0	0	0	9	54	0	0	0	63
2024	0	0	0	9	71	0	0	0	80
2025	0	0	0	9	89	0	0	0	98
2026	0	0	0	9	106	0	0	0	115
2027	0	0	0	9	123	0	0	0	132
2028	0	0	0	9	140	0	0	0	149
2029	0	0	0	9	157	0	0	0	166
2030	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2031	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2032	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2033	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2034	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2035	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2036	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2037	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2038	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2039	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2040	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2041	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2042	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2043	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2044	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2045	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2046	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2047	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2048	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2049	0	0	0	9	174	0	0	0	183
2050	0	0	0	9	174	0	0	0	183
Netto-nutidsværdi for perioden 2021- 2030*	0	0	0	80	740	0	0	0	819
Netto-nutidsværdi for perioden 2021- 2050*	0	0	0	163	2.338	0	0	0	2.501
Annuitet for perio- den 2021-2030*	0	0	0	10	91	0	0	0	101
Annuitet for perio- den 2021-2050*	0	0	0	9,5	135	0	0	0	145

Kilde: Egne beregninger

Opgørelse af sideeffekter ved fortsat gødskning

Ved omlægning fra alm. landbrugsdrift til permanent græs med fortsat dræning og fortsat gødskning vil der gødskes mindre. Kvælstofudvaskningen fra rodzonen reduceres fra 62 kg N/ha ved jord i om-drift til 40 kg N/ha ved permanent græs, dvs. at omlægningen netto reducerer udvaskningen med 22 kg N/ha (Olesen et al., 2018). Ved fortsat gødskning reduceres ammoniakfordampningen ikke (op. cit.). Den totale reduktion af kvælstofudvaskning er i 2030, ved den fulde implementering af dette scenarie, således beregnet til knap 777 ton N.

Opgørelse af sideeffekter ved ophør af gødskning

Ved ophør af gødskning vil kvælstofudvaskningen reduceres til 12 kg N/ha, svarende til en nettoreduktion på 50 kg N/ha, mens ammoniakfordampningen reduceres med det samme som ved sløjfning af dræn, hvor der heller ikke gødskes, dvs. med 2,51 kg NH₃-N/ha (Olesen et al., 2018). Den totale reduktion af kvælstofudvaskning er i 2030, ved den fulde implementering af dette scenarie, således beregnet til 1.765 ton N, mens den totale reduktion i ammoniakfordampning er beregnet til knap 89 ton NH₃-N.

3.7.10. Velfærdsøkonomiske effekter ved udtagning med fortsat dræning

Værdi af sideeffekter der kan prissættes ved fortsat gødskning

Værdien af den reducerede kvælstofudvaskning er beregnet til 260 mio. kr. i nutidsværdi ved den lave skyggepris på reduktion af kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N. Ved en høj skyggepris på udvaskning på 60 kr./kg N, er værdien af sideeffekterne beregnet til 623 mio. kr. i nutidsværdi.

Opgørelse af forvridningseffekter ved fortsat gødskning

Skatteforvridningstab er opgjort til 331 mio. kr. i nutidsværdi. I dette scenarie udtages et mindre areal i forhold til scenariet ovenfor, dvs. kun organogen jord i alm. landbrugsdrift og de totale udgifter for staten i form af break even-tilskud er således mindre. Staten vil ved fortsat dræning af jorden ikke have anlægsudgifter ved udtagning. Per udtaget hektar landbrugsjord er udgiften dog højere, idet der ikke indgår jord med permanent græs, hvilket ovenfor forudsættes at have en jordrente på nul.

Opgørelse af velfærdsøkonomi ved fortsat gødskning

Nedenfor vises de samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved omlægning af 35.300 ha organogene jorder i landbrugsdrift til permanent græs med fortsat dræning samt gødskning. Inklusive værdien af den reducerede kvælstofudvaskning er de totale samfundsøkonomiske omkostninger ved tiltaget beregnet til 3,4 mia. kr. i nutidsværdi ved den lave værdi af reduceret kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N. Opgjort med en høj værdi af reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N vil nutidsværdien af omkostningerne være 3 mio. kr. Uden værdien af sideeffekten er omkostningerne knap 3,6 mia. kr.

Nutidsværdien af drivhusgasreduktionerne ved udtagning med fortsat dræning og gødskning er beregnet til 4.756.000 ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring og 360.000 ton CO₂-ækv. eksklusive kulstoflagring.

Skyggeprisen ved udtagning af organogene jorder med fortsat dræning og gødskning, er på denne baggrund opgjort til 712 kr./ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring og sideeffekter ved den lave skyggepris på kvælstofudvaskningsreduktion på 25 kr./kg N. Med den høje skyggepris ved reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N er skyggeprisen beregnet til 636 kr./ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring. Uden værdien af sideeffekter er skyggeprisen beregnet til 767 kr./ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring.

Uden kulstoflagring øges skyggepriserne til 9.414 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter ved 25 kr./kg N og 8.403 kr./ton CO₂-ækv. ved 60 kr./kg N. Uden sideeffekter er skyggeprisen beregnet til 10.136 kr./ton CO₂-ækv.

Tabel 3.7.16. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser, 30-årig periode, fortsat gødskning

Velfærds- økonomi	Af- skriv- ninger	Pleje- ud- gifter	Admini- stration	Jord- rente- tab	Værdi af side- effekter	For- vrid- ning	Velfærds-øko- nomiske om- kost-ninger i alt	Reduktion af drivhus- gasser inkl. kulstof-bin- ding**	Reduktion af drivhus-gas- ser ekskl. kul- stof-bin- ding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	6	20	18	-2	4	46	36	3
2022	0	13	12	35	-4	6	62	71	5
2023	0	19	12	52	-6	8	86	107	8
2024	0	25	12	69	-8	11	109	142	11
2025	0	31	12	86	-10	13	133	178	13
2026	0	38	12	103	-12	15	156	213	16
2027	0	44	12	119	-14	18	179	249	19
2028	0	50	12	136	-16	20	202	284	22
2029	0	56	12	152	-17	22	225	320	24
2030	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2031	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2032	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2033	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2034	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2035	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2036	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2037	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2038	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2039	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2040	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2041	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2042	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2043	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2044	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2045	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2046	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2047	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2048	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2049	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
2050	0	63	12	168	-19	24	248	355	27
Nutidsværdi for perioden 2021-2050	0	838	217	2.260	-260	331	3.386	4.756	360
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.								inkl. kulstof- binding	ekskl. kulstof- binding
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 25 kr./kg N								712	9.414
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 60 kr./kg N								636	8.403
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								767	10.136

Kilde: Egne beregninger

Værdi af sideeffekter der kan prissættes ved ophør af gødsning

Værdien af den reducerede kvælstofudvaskning samt ammoniakfordampning er, med en skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N, beregnet til 659 mio. kr. i nutidsværdi, hvor værdien af reduceret kvælstofudvaskning udgør 590 mio. kr., og reduceret ammoniakfordampning udgør 69 mio. kr. Benyttes den høje skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N, er værdien af sideeffekter beregnet til 1,5 mia. kr. i nutidsværdi, hvor værdien af den reducerede kvælstofudvaskning udgør 1,4 mia. kr.

Opgørelse af forvridningseffekter ved ophør af gødsning

Skatteforvridningstab er som i scenariet ovenfor opgjort til 331 mio. kr. i nutidsværdi.

Opgørelse af velfærdsøkonomi ved ophør af gødsning

Samlet set er de samfundsøkonomiske nettoomkostninger i dette scenarie beregnet til 3,0 mia. kr. i nutidsværdi, inklusive værdien af sideeffekterne og en skyggepris på kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N. Ved den høje skyggepris på 60 kr./kg N er nettoomkostningerne beregnet til 2,2 mia. kr. Uden sideeffekter er omkostningerne ved tiltaget opgjort til knap 3,6 mia. kr.

Nutidsværdien af drivhusgasreduktionerne ved udtagning med fortsat dræning men ophør af gødsning er beregnet til 5.256.000 ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring og 860.000 ton CO₂-ækv. eksklusive kulstoflagring.

Skyggeprisen ved udtagning af organogene jorder i omdrift til permanent græs med fortsat dræning, men ophør af gødsning, er på denne baggrund opgjort til 568 kr./ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring og sideeffekter med en skyggepris på kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N. Med en skyggepris på 60 kr./kg N er CO₂-skyggeprisen beregnet til 411 kr./ton CO₂-ækv. inklusive sideeffekter og kulstoflagring. Uden værdien af sideeffekter men inklusive kulstoflagring er skyggeprisen beregnet til 694 kr./ton CO₂-ækv.

Uden kulstoflagring men inklusive sideeffekter er skyggeprisen beregnet til 3.471kr./ton CO₂-ækv. ved 25 kr./kg N og 2.511kr./ton CO₂-ækv. ved 60 kr./kg N, mens den uden sideeffekter er beregnet til 4.237 kr./ton CO₂-ækv.

Tabel 3.7.17. Velfærdsøkonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. 30-årig periode, ophør af gødskning

Velfærds- økonomi	Afskriv- ninger	Pleje- udg- ifter	Admini- stration	Jord- rente- tab	Værdi af side- effekter	Forvrid- ning	Velfærds- økonomiske omkostnin- ger i alt	Reduktion af drivhus- gasser inkl. kulstof-bin- ding**	Reduktion af drivhus-gas- ser ekskl. kulstof-bin- ding**
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	1.000 ton CO ₂ -ækv.	1.000 ton CO ₂ -ækv.
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	6	20	18	-5	4	43	39	6
2022	0	13	12	35	-10	6	56	79	13
2023	0	19	12	52	-15	8	77	118	19
2024	0	25	12	69	-20	11	97	157	26
2025	0	31	12	86	-25	13	118	196	32
2026	0	38	12	103	-30	15	138	236	39
2027	0	44	12	119	-34	18	158	275	45
2028	0	50	12	136	-39	20	178	314	51
2029	0	56	12	152	-44	22	198	354	58
2030	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2031	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2032	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2033	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2034	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2035	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2036	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2037	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2038	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2039	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2040	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2041	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2042	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2043	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2044	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2045	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2046	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2047	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2048	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2049	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
2050	0	63	12	168	-49	24	218	393	64
Nutidsværdi for perioden 2021- 2050	0	838	217	2.260	-659	331	2.986	5.256	860
CO ₂ -skyggepris, kr./ton CO ₂ -ækv.								inkl. kulstof- binding	ekskl. kul- stof-binding
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 25 kr./kg N								568	3.471
Skyggepris med værdi af sideeffekter, 60 kr./kg N								411	2.511
Skyggepris uden værdi af sideeffekter								694	4.237

Kilde: Egne beregninger

Udtagning af organogen jord med fortsat dræning med ophør af gødskning reducerer således de samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger i forhold til fortsat gødskning. Skyggepriserne er reduceret i forhold til scenariet med fortsat gødskning grundet de større drivhusgasreduktioner samt sideeffekter i form af reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen og ammoniakfordampning.

Skyggepriserne er højere end i standardscenariet med ophør af dræning, hvor et større areal bestående af både jord i alm. landbrugsdrift samt permanente græsarealer tages ud af drift og drænene sløjfes. I standardscenariet er jordrentetabet mindre, idet jordrente ved permanent græs forudsættes at være nul. Samtidigt resulterer sløjfning af dræn og ophør af gødskning i større drivhusgasreduktioner. I scenarierne med fortsat dræning udtages kun jord i almindelig landbrugsdrift, hvilket øger omkostningerne i landbruget og statens udgifter til break even-tilskud og samtidig resulterer i højere skatteforvridningstab.

3.7.11. Følsomhedsanalyser for udtagning med fortsat dræning

Nedenfor vises resultaterne af analyser af skyggeprisens følsomhed ved ændringer i diskonteringsraten og skatteforvridningssatsen. Som det ses, er skyggeprisen følsom over for ændringer i skatteforvridningssatsen, da tiltaget implementeres med kompensation fra staten, hvilket medfører skatteforvridningstab. Ændringer i diskonteringsraten påvirker ikke skyggeprisen i nævneværdig grad.

Tabel 3.7.18. Resultater af følsomhedsanalyser med fortsat gødskning

	Reduktion CO ₂ -ækv., årligt gennemsnit i perioden 2021-2030	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 25 kr./kg N	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 60 kr./kg N
	1.000 ton	kr./ton CO ₂ –ækv.	kr./ton CO ₂ –ækv.
Basisberegning	195	712	636
Diskonteringsrate 0 %		706	629
Diskonteringsrate 2 %		709	632
Diskonteringsrate 6 %		716	639
Skatteforvridningstab, 5 %/4,5 %		677	601
Skatteforvridningstab, 20 %/18 %		782	705

Kilde: Egne beregninger

Tabel 3.7.19. Resultater af følsomhedsanalyse ved ophør med gødskning

	Reduktion CO ₂ -ækv., årligt gennemsnit i perioden 2021-2030	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 25 kr./kg N	Skyggepris med sideeffekter inkl. kulstofbinding, 2021-2050, 60 kr./kg N
	1.000 ton	kr./ton CO ₂ –ækv.	kr./ton CO ₂ –ækv.
Basisberegning	216	568	411
Diskonteringsrate 0 %		563	405
Diskonteringsrate 2 %		565	408
Diskonteringsrate 6 %		572	414
Skatteforvridningstab, 5 %/4,5 %		537	379
Skatteforvridningstab, 20 %/18 %		631	474

Kilde: Egne beregninger

3.7.12. Samlet vurdering af udtagning med fortsat dræning og med eller uden gødskning

Konsekvenser:

Tiltaget forudsætter, at 35.300 ha drænedede organogene jorder i omdrift udtages til permanent græs enten med eller uden gødskning, men med fortsat dræning. De 35.300 ha består af 12.800 ha med 6-12 procent OC og 22.500 ha med >12 procent OC (Olesen et al., 2018).

Drivhusgasreduktioner:

Ved *fortsat gødskning* er den samlede drivhusgasreduktion inklusive kulstoflagring opgjort til 355.000 ton CO₂-ækv./år fra og med 2030, mens reduktionerne eksklusive kulstoflagring er beregnet til 27.000 ton CO₂-ækv./år. Ved ophør med gødskning er den samlede drivhusgasreduktion inklusive kulstoflagring opgjort til 393.000 ton CO₂-ækv./år fra og med 2030, mens reduktionerne eksklusive kulstoflagring er beregnet til 64.000 ton CO₂-ækv./år.

Budgetøkonomiske omkostninger:

Det antages, at plejeformen på de udtagne organogene jorder med fortsat dræning vil være høslæt, som er den billigste plejeform for ekstensive græsarealer, der er tørre nok til at bære maskiner. Uanset om der gødskes eller ej, vil landbruget ved udtagning og fortsat dræning have driftsomkostninger med en nutidsværdi på 2,3 mia. kr., svarende til annuiserede omkostninger på 135 mio. kr. Tiltaget implementeres dog ved hjælp af et break even-tilskud, således at landbruget ikke har nettoomkostninger ved udtagningen. Statens budgetøkonomiske omkostninger til tilskuddet samt administration er beregnet til 2,5 mia. kr. i nutidsværdi, svarende til annuiserede omkostninger på 145 mio. kr.

Samfundsøkonomiske omkostninger:

Udtagning af organogene jorder med fortsat dræning og gødskning vil reducere kvælstofudvaskningen med 777 ton N per år. Den samfundsøkonomiske værdi af disse reduktioner er beregnet til 260 mio. kr. i nutidsværdi ved en skyggepris på kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N og 623 mio. kr. ved en skyggepris på kvælstofudvaskning på 60 kr./kg N. Skatteforvridningstab er i dette scenarie opgjort til 331 mio. kr. i nutidsværdi. Nutidsværdien af de samfundsøkonomiske nettoomkostninger er beregnet til 3,4 mia. kr. inklusive værdien af den reducerede kvælstofudvaskning ved den lave værdi af reduceret kvælstofudvaskning, mens de er beregnet til 3,0 mio. kr. ved den høje skyggepris på kvælstofudvaskning. Uden værdien af sideeffekten er omkostningerne beregnet til knap 3,6 mia. kr.

Reduktionen af kvælstofudvaskning er ved ophør af gødskning beregnet til 1.765 ton N per år. Derudover reduceres ammoniakfordampningen med 89 ton NH₃-N per år. Den samfundsøkonomiske værdi af disse sideeffekter, hvor reduceret kvælstofudvaskning udgør langt størstedelen, er beregnet til 659 mio. kr. i nutidsværdi ved den lave skyggepris og 1,5 mia. kr. ved den høje skyggepris. Nutidsværdien af skatteforvridningstab er som ovenfor opgjort til 663 mia. kr. De samfundsøkonomiske nettoomkostninger er opgjort til 3,0 mia. kr. i nutidsværdi inklusive sideeffekter ved den lave skyggepris på kvælstofudvaskning, mens de ved den høje skyggepris er opgjort til 2,2 mia. kr. i nutidsværdi. Uden sideeffekter er de samfundsøkonomiske nettoomkostninger beregnet til knap 3,6 mia. kr.

Skyggepriser:

Ved fortsat dræning og gødskning er skyggeprisen inklusive sideeffekter og kulstoflagring beregnet til 712 kr./ton CO₂-ækv. ved en skyggepris på kvælstofudvaskning på 25 kr./kg N, mens den ved en

skyggepris på 60 kr./kg N er beregnet til 636 kr./ton CO₂-ækv. og uden værdien af sideeffekter 767 kr./ton CO₂-ækv. inklusive kulstoflagring. De tilsvarende skyggepriser eksklusive kulstoflagring er beregnet til 9.414, 8.403 og 10.136 kr./ton CO₂-ækv.

Ved fortsat dræning med ophør af gødskning er skyggeprisen inklusive sideeffekter og kulstoflagring beregnet til hhv. 568 og 411 kr./ton CO₂-ækv. ved en skyggepris på reduceret kvælstofudvaskning på hhv. 25 og 60 kr./ton CO₂-ækv. samt 694 kr./ton CO₂-ækv. uden sideeffekter. Tilsvarende er skyggeprisen uden kulstoflagring beregnet til hhv. 3.471, 2.511 og 4.237 kr./ton CO₂-ækv.

Følsomhedsanalyser:

Da tiltaget forudsætter et break even-tilskud som implementeringsinstrument, viser følsomhedsanalyserne, at skyggeprisen er følsom over for ændringer i forudsætningerne om skatteforvridningstab.

3.7.13. Referencer

Dubgaard, A., Laugesen, F. M., Ståhl, L., Bang, J. R., Schou, E., Jacobsen, B. H., Jensen, J. E. og Jensen, J. D. (2013). *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*. Frederiksberg: Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 221). http://static-curis.ku.dk/portal/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf

Dubgaard, A., Jespersen, H. M. L., Laugesen, F. M., Hasler, B., Christensen, L. P., Martinsen, L., Källström, M. og Levin, G. (2012): *Økonomiske analyser af naturplejemetoder i beskyttede områder*, Rapport nr. 211, Fødevareøkonomisk Institut, København. https://curis.ku.dk/ws/files/38490503/FOI_rapport_211.pdf

Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018): *Beregningsmetode til samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler til brug for opnåelse af EU-2030-mål uden for kvotesektor* (Udkast, version 19. januar, 2018)

Energistyrelsen (2017a): *Brændselspriser 2017* (regneark) af d. 5. maj 2017. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsoekonomiske-analysemetoder>

Energistyrelsen (2017b): *Basisfremskrivning 2017*. Kan hentes hér: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/widgets/multi_campaign/files/bf2017_hovedpublikation_13_mar_final_0.pdf

Jacobsen, B. H. (2017): *Beregning af kvælstofskyggepris med udgangspunkt i Fødevare- og Landbrugspakken*, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet (under udgivelse). http://static-curis.ku.dk/portal/files/179405531/IFRO_Udredning_2017_08.pdf

Jensen, J. D. (2017): *Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030*. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Rapport; Nr. 255). http://static-curis.ku.dk/portal/files/171789712/IFRO_Rapport_255.pdf

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2009): *Grove estimater over administrative omkostninger knyttet til FOI's forslag til klimatiltag i landbruget*

Naturstyrelsen (2016): Lavbundsprojekt, Svoldrup Kær og Enge, Rapport. Teknisk og biologisk forundersøgelse (Rambøll), oktober 2016. <http://naturstyrelsen.dk/media/204724/rapport-med-bilag-teknisk-og-biologisk-forundersogelse-svoldrup-kaer.pdf>

Naturstyrelsen (2017): Lavbundsprojekt Mullerup Mose. Teknisk forundersøgelse (COWI), juli 2017. <http://naturstyrelsen.dk/media/221427/teknisk-forundersogelse-inkl-bilag.pdf>

NaturErhvervstyrelsen (2017): *Vejledning om direkte arealstøtte 2017*.

OECD/FAO (2016), "OECD-FAO Agricultural Outlook", *OECD Agriculture statistics* (database). <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>

Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. og Lassen, J. (2018): *Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser*. DCA Rapport (under udarbejdelse).

SEGES (2016): Budgetkalkuler (2011, 2012, 2013, 2014, 2015). <https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx>

SEGES og Landbrug & Fødevarer (2017): Faglig kommentering af udkast til virkemiddelkatalog for klimavirkemidler i landbruget, 21-10-2017. Ikke-publiceret notat.

ENGLISH SUMMARY

This report presents the findings of a cost-effectiveness analysis (CEA) of greenhouse gas (GHG) reduction measures in Danish agriculture. Agriculture is part of the non-ETS sectors for which Denmark has a 39 per cent reduction obligation in 2030 compared to the 2005 level – in the EU's 2030 climate and energy framework.³⁸ Agriculture accounts for about 30 per cent of total Danish non-ETS emissions.³⁹ Methane (CH₄) emissions constitute 55 per cent of these, nitrous oxide (N₂O) 43 per cent and carbon dioxide (CO₂) 2 per cent (the latter without changes in soil carbon).⁴⁰

The purpose of the study is to identify mitigation measures related to agriculture, which can deliver cost-effective contributions to the targeted GHG reduction in the Danish non-ETS sectors. The present analysis is a continuation of an economic assessment of GHG mitigation measures in agriculture in 2012-13 and published in Dubgaard et al. (2013).

The mitigation measures considered have been chosen in collaboration with the Danish Centre for Food and Agriculture at Aarhus University (DCA) (Olesen et al., 2018). The estimated GHG reduction potentials of the different measures are reported in CO₂-equivalents (CO₂-eq) as the sum of reductions of methane, nitrous oxide, and carbon dioxide and changes in soil carbon sequestration. For each measure, the mitigation potential is defined as the estimated additional GHG reductions obtainable relative to a baseline encompassing the expected mitigation effects from political decisions already made. The estimates of mitigation potentials are based on expert assessments by DCA of technological and agricultural possibilities for achieving GHG reductions without significant increases in per unit cost of mitigation. The economic assessment criteria applied are based on guidelines from the Danish Energy, Power and Climate Ministry (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018) and the Danish Ministry of Finance (Finansministeriet, 2017).

It should be noted that the results of this study do not show the overall cost-effectiveness of the measures analysed in realizing Denmark's reduction obligations for the non-ETS sectors. This is due to the fact that the present study only considers GHG mitigation measures for agriculture. A complete CEA entails a ranking of all relevant mitigation measures in the Danish non-ETS sectors – including emissions from buildings, transport non-ETS industry and waste. Until such an analysis is available, it is not possible to tell to which degree and by which measures it would be socially cost-effective to reduce GHG emissions from Danish agriculture.

GHG mitigation measures related to agriculture

Seven GHG mitigation measures are included in the assessment. The stipulated implementation period is 2021 to 2030. The GHG reduction potential, expressed in CO₂ equivalents (CO₂-eq), is calculated as the sum of the effect on the emission of methane, nitrous oxide and carbon dioxide the latter with and without changes in soil carbon (mitigation potentials are specified in table S.1). The seven

³⁸ Source: <http://efkm.dk/klima-og-vejr/klimaindsatsen-i-danmark/>

³⁹ In 2014. Source: <http://lbst.dk/tvaergaende/klima/landbrugets-drivhusgasudledninger/>

⁴⁰ Source: <http://lbst.dk/tvaergaende/klima/landbrugets-drivhusgasudledninger/> and Olesen et al. (2018)

mitigation measures are listed beneath (figures in brackets show the expected implementation potential):

1. Biogas from livestock manure/slurry (36 per cent of total slurry production)
2. Higher share of concentrated feedstuffs in the diet for dairy cows (100 per cent of the conventional dairy cow stock)
3. Additional vegetable fat in the diet for dairy young stock (75 per cent of conventional dairy young stock)
4. Acidification of slurry (16 per cent of total slurry production)
5. Nitrification inhibitors *added* to ammonium forms of fertilizer (90 per cent of nitrogen applied in chemical fertilizers)
6. Nitrification inhibitors *added* to slurry (100 per cent of conventional slurry)
7. Conversion of arable organogenic land to permanent grass with and without termination of drainage and fertilization (47,000 ha and 35,300 hectares respectively).

GHG reductions in ETS sectors

The mitigation measure Biogas production reduces GHG emissions in non-ETS as well as ETS sectors. As noted above only GHG reductions in non-ETS sectors apply as contributions to the mitigation outcome in the CEA. The amount of GHG reduced in ETS-sectors is included in the CEA as an ancillary benefit evaluated as the expected market value of the freed up CO₂ quotas. The quota prices applied over the calculation period are projected by the Danish Energy Agency based on the EU's Impact Assessment for the 2030 framework for climate and energy policies.⁴¹

LULUCF credits

Carbon sequestration in the soil is included in the EU's 2030 climate and energy framework as so-called LULUCF credits, which Member States can use up to a certain limited to comply with their 2030 reduction obligations. Of the measures considered in this analysis, a significant amount of LULUCF credits can be generated by conversion of arable organogenic land to permanent grass. However, it is uncertain to which extent the ceiling for Denmark will be reached through carbon sequestration in the baseline development path due to already adopted policies. Consequently, for the different mitigation measures CO₂ shadow prices are calculated both with and without the effects on soil carbon.

Assumptions and definitions

The analysis is based on the welfare economic principles outlined in the following.

⁴¹ Sources: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/samfundsoekonomiske_beregningsforudsætninger_2017.pdf and <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0015&from=EN>

Definition of social costs

Assuming that all resources in the economy are fully employed the implementation of a mitigation measure will crowd out other production activities and ultimately result in the crowding out of consumption possibilities. Thus, from a welfare economic perspective the social costs of reducing GHG emissions should be measured as the forgone consumption possibilities associated with the implementation of different mitigation measures (Johansson, 1993). Consumers' choice of their optimal consumption behaviour is based on market prices including commodity taxes. This implies that costs and benefits should be valued at consumer prices inclusive of VAT and other commodity-specific taxes (op. cit., p. 82). Following this adjustment criterion, inputs and ancillary benefits measured in factor prices are converted to market prices using a standard conversion factor. The standard conversion factor is specified as 1.325 by the Danish Ministry of Finance, implying that the factor prices are increased by 32.5 per cent (Finansministeriet, 2017).

Treatment of taxes, subsidies and deadweight loss

A social CEA does not include intra-societal transfer payments (subsidies and taxes) from/to the Danish state. On the other hand, subsidies from the EU represent welfare gains for the Danish society and as such should be included in the calculations of net social mitigation costs (the *marginal* increase in the Danish contributions to the EU budget as the result of an increase in transfer payments to Denmark is close to nil). However, implementation of the policy measures included in this analysis would require a substantial increase in subsidies to nature restoration etc. There is no guarantee that EU transfers to Denmark will increase in proportion to this, if at all. All increases in subsidy payments are therefore treated as transfers from the Danish state – including subsidies now granted under different EU environmental support schemes. Accordingly, these transfers are not included as social costs or benefits in the CEA.

Raising public funds through taxation is assumed to create a deadweight loss due to distortions of labour supply and the relative prices of consumer goods. The economic assessment guidelines issued by the Danish Ministry of Finance stipulate a general deadweight loss rate of 10 per cent of the tax revenue raised (Finansministeriet, 2017). Furthermore, implementation costs accruing to agriculture are assumed to create a deadweight loss, in this case equal to 9 per cent of the costs incurred due to the implementation of mitigation measures (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

Ancillary benefits/side effects

Ancillary benefits are side effects arising incidental to GHG mitigation. The primary ancillary benefits included in the analysis are reduced nitrate (NO_3^-) leaching to the aquatic environment and reduced ammonia (NH_3) emissions. The social value of these side effects are calculated using shadow prices, which show the marginal social costs of mitigating nitrate and ammonia emissions when applying the cheapest alternative abatement measures. For ammonia emissions the shadow price applied is 58 DKK⁴² per kg $\text{NH}_3\text{-N}$, whereas the social value of reduced nitrate leaching is calculated using a

⁴² One euro is equal to approximately 7.5 DKK.

low as well as a high shadow price of 25 and 60 DKK per kg N respectively (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

Overview of calculation prerequisites

The following calculation prerequisites are applied:

- The implementation period for mitigation measures is 2021-2030
- The economic calculation period is 2021-2050
- Implementation costs, ancillary benefits and changes in GHG emission are discounted to the year 2020
- For most goods and services calculations are in constant 2017 prices
- For energy and agricultural commodities changes in real prices are estimated for parts the calculation period (based on OECD/FAO and IEA forecasts and the EU Agricultural Member State model AGMEMOD)
- Costs and ancillary benefits in factor prices are increased by 32.5 per cent (based on a standard conversion factor of 1.325)
- The applied social discount rate is 4 per cent
- Deadweight loss for costs financed through taxation: 10 per cent of the implementation costs
- Deadweight loss for implementation costs accruing to agriculture: 9 per cent of the agricultural sector's additional costs
- Shadow prices of ancillary benefits in terms of reduced N-leaching from the root zone
 - Low level = DKK 25/kg N
 - High level = DKK 60/kg N
- Shadow price of reduced ammonia emissions = DKK 58/kg NH₃-N.

CEA calculations

The study is conducted as a *net* CEA, where monetized benefits are subtracted from implementation costs. More specifically, this means that the social value of ancillary benefits is included in the CEA as negative costs. The outcome (effect) of mitigation measures is calculated as the reduction of GHG emissions in the Danish non-ETS sectors.

The relative cost-effectiveness of each measure (the CO₂ shadow price) is calculated as the net social mitigation cost in DKK per tonne CO₂-eq. As shown in equation 1 the CO₂ shadow price (P^{CO_2}) is determined as the sum of the discounted net implementation costs (= implementation costs (C_t) minus the social value of ancillary benefits (B_t)) divided by the sum of the discounted annual GHG reductions measured in tonne CO₂-eq.

$$P^{CO_2} = \sum_{t=1}^T \frac{C_t - B_t}{(1+r)^t} \cdot \left(\sum_{t=1}^T \frac{\Delta CO_{2-eq}^t}{(1+r)^t} \right)^{-1} \quad (1)$$

P^{CO_2} = discounted net social mitigation costs per tonne CO₂-equivalent (CO₂ shadow price)

C_t = implementation costs in period t

B_t = value of side effects in period t

ΔCO_{2-eq}^t = reduction in GHG emissions in period t measured in CO₂-equivalents

r = social discount rate.

For some measures, the calculations show negative social mitigation costs in terms of a negative CO₂ shadow price. Generally, this means that the social value of ancillary benefits (B_i) exceeds the implementation costs (C_i) in equation 1 above. The occurrence of negative mitigation costs may also reflect that the measure represents a profitable economic activity for farmers. However, such opportunities should be expected to be utilized by farmers without the use of policy measures.

Calculated GHG abatement costs

Table S.1 shows the expected GHG reduction potentials of the analysed policy measures, their side effects in terms of reductions of N leaching and ammonia evaporation if relevant, and the social mitigation cost per tonne CO₂-eq reduced.

Biogas from slurry

Using an additional 36 per cent of the Danish slurry output in biogas production is estimated to have a mitigation potential of 244,000 tonnes CO₂-eq/year in the non-ETS sectors in 2030. The assumed policy implementation instrument is a prolongation of the present subsidy scheme for biogas, which is stipulated to be phased out in the early 2020ies in the absence of this measure. Maintaining the subsidy scheme implies that biogas production entails a positive net income for agriculture. The social value of biogas production is calculated as the value of displaced fossil fuel (natural gas), reduced methane emissions from storage of slurry and increased fertilization value of the slurry after degassing. Further, biogas production has side effects in terms of decreased nitrate leaching, changes in air pollution, and the value of freed up CO₂ quotas as the result of biogas delivered to ETS sectors. The calculated social mitigation costs range from DKK 1,135-1,588/tonne CO₂-eq depending on the inclusion or exclusion of ancillary benefits, the imputed social value of reduced nitrate leaching and the negative effect on soil carbon sequestration. As can be seen in table S.1 this means that biogas represents the socially most expensive alternative among the mitigation measures analysed.

There is an additional biogas scenario in table S.1 showing the effects of feed stock improvements through cooling of pig slurry and fast removal of cattle slurry from stable to tank. This increases the GHG reduction potential to 337,000 tonnes CO₂-eq/year in 2030. The social mitigation costs decrease to DKK 808-1,123/tonne CO₂-eq. However, achieving this reduction in mitigation costs will require regulation ensuring the presumed increase in the quality of the slurry applied as feed stock.

Table S.1. GHG reduction potential and social mitigation costs of analysed measures

Measure	Implementation potential in 2030	Mitigation potential in 2030, 1,000 tonnes CO ₂ -eq		Social mitigation costs (CO ₂ shadow price) DKK/tonne CO ₂ -eq					
		With soil carbon seq.	Without soil carbon seq.	With soil carbon seq., incl. anc. benefits (DKK 25/kg N)	With soil carbon seq., incl. anc. benefits (DKK 60/kg N)	With soil carbon seq., excl. anc. benefits	Without soil carbon seq., incl. anc. benefits (DKK 25/kg N)	Without soil carbon seq., incl. anc. benefits (DKK 60/kg N)	Without soil carbon seq., excl. anc. benefits
Biogas from 36 per cent of slurry production	14.9 mill. tonnes	244	260	1,402	1,209	1,588	1,317	1,135	1,491
Biogas from 36 per cent of slurry production with cooling of pig slurry and fast removal of cattle slurry from stable to tank	14.9 mill. tonnes	337	353	987	846	1,123	942	808	1,072
Stable acidification of slurry, total	6.6 mill. tonnes	176	176	-94	-94	1,132	i.r.	i.r.	i.r.
- Pig slurry	3.2 mill. tonnes	128	128	-118	-118	843	i.r.	i.r.	i.r.
- Cattle slurry	3.4 mill. tonnes	48	48	-28	-28	1,899	i.r.	i.r.	i.r.
Higher share of concentrated feedstuffs, dairy cows	459,068 cows	158	158	i.r.	i.r.	948	i.r.	i.r.	i.r.
Additional vegetable fat, dairy young stock	333,166 heifers	16	16	i.r.	i.r.	-1,020	i.r.	i.r.	i.r.
Nitrification inhibitors, mineral N-fertilizer	237,600 tonnes ammonium-N	496	496	1,296	1,157	1,413	i.r.	i.r.	i.r.
Nitrification inhibitors, slurry, total	110,929 tonnes ammonium-N	213	213	1,225	832	1,506	i.r.	i.r.	i.r.
- Sandy soils	83,387 tonnes ammonium-N	162	162	1,112	603	1,492	i.r.	i.r.	i.r.
- Clay soils	27,542 tonnes ammonium-N	52	52	i.r.	i.r.	1,549	i.r.	i.r.	i.r.
Conversion of arable organogenic land to perm. grass, termination of drainage and fertilization	47,400 ha	1,352	-168	218	149	273	i.r.	i.r.	i.r.
Conversion of arable organogenic land to perm. grass, continued drainage and fertilization	35,300 ha	355	27	712	636	767	9,414	8,403	10,136
Conversion of arable organogenic land to perm. grass, continued drainage but termination of fertilization	35,300 ha	393	64	568	411	694	3,471	2,511	4,237

Note: i.r. = irrelevant.

Source: Own calculations. Implementation and mitigation potentials are based on Olesen et al. (2018),

Stable acidification of slurry

Stable acidification of 16 per cent of total slurry production is estimated to have a reduction potential of 176,000 tonnes CO₂-eq annually from 2030 of which 48,000 tonnes are reductions from cattle slurry and 128,000 tonnes from pig slurry. The policy implementation measure is assumed to be a rule-based regulation. Acidification entails additional costs for agriculture equal to DKK 108 million/year. The net social mitigation costs are negative provided the social value of reduced ammonia evaporation is included in the calculation. In other words, the value of the ancillary benefits exceeds the implementation costs. For the total amount of acidified slurry, the CO₂ shadow price is minus DKK 94/tonne CO₂-eq. Acidification of pig slurry produces larger ammonia reductions per tonne than acidification of cattle slurry. As a result, the CO₂ shadow price for pig slurry is minus DKK 118/tonne CO₂-eq, whereas the CO₂ shadow price for cattle slurry is (only) minus DKK 28/tonne CO₂-eq. Without the social value of reductions in ammonia evaporation the CO₂ shadow increases to DKK 1,132/tonne CO₂-eq for the total amount of acidified slurry. This positions the measure at the medium level of the CO₂ shadow prices in table S.1, when ancillary benefits are not included.

Higher share of concentrated feedstuffs for (conventional) dairy cows

A higher share of concentrated feedstuffs in the diet for dairy cows can reduce the methane emissions from ruminal digestion. The policy implementation measure is assumed to be a rule-based regulation. There are no ancillary benefits from this measure. It is estimated that the presumed change in the diet for the entire stock of conventional dairy cows has a reduction potential of 158,000 tonnes CO₂-eq yearly from 2025 onwards. The social mitigation costs are calculated as DKK 948/tonne CO₂-eq. For organic dairy production, calculations show that the mitigations costs associated with this measure are prohibitively high.

Additional vegetable fat for (conventional) dairy young stock

This measure also reduces methane emission from ruminal digestion. As for dairy cows, the policy implementation measure is assumed to be a rule-based regulation, and there are no ancillary benefits. The reduction potential of 16,000 tonnes CO₂-eq/year in 2025 is rather low. With the applied feed price, projections the calculated social mitigation costs are negative reflected in a CO₂ shadow price equal to minus DKK 1,020/tonne CO₂-eq. As there are no ancillary benefits, the negative mitigation costs indicate that the change in feed composition represents a profitable alternative for farmers. However, it should be noted that this is due to projected changes in feed prices in the calculation period. The present feed prices do not offer a similar opportunity. Again, for organic dairy production the mitigations costs are prohibitively high.

Nitrification inhibitors added to mineral N fertilizers

Nitrification inhibitors can reduce nitrous oxide emissions when added to ammonium N fertilizers. It is assumed that the policy implementation instrument is a rule-based regulation, requiring that 90 per cent of the chemical nitrogen fertilizers applied in Denmark is in the ammonium form – and that nitrification inhibitors are added to the entire amount of these fertilizers. Besides reducing nitrous oxide emissions, the obligation to add nitrification inhibitors will increase the price of N fertilizers, which in turn will reduce the economically optimal level of nitrogen application by an estimated 4

per cent. The reduction in nitrogen application reduces nitrous oxide emissions, nitrate leaching and ammonia emissions. Nitrification inhibitors added to 90 per cent of the chemical N fertilizers applied in Denmark is estimated to have a reduction potential of 496,000 tonnes CO₂-eq/year from 2024 onwards. This is the second highest reduction potential of the measures analysed. The calculated social mitigation costs are DKK 1.157-1.296/tonne CO₂-eq, depending on the inclusion of ancillary benefits and the value of reduced N leaching (DKK 25 or 60/kg N). This places nitrifications inhibitors to chemical fertilizers at the higher end of the CO₂ shadow prices calculated in this analysis.

Nitrification inhibitors added to slurry

Nitrification inhibitors can also reduce nitrous oxide emissions from slurry. The presumed policy implementation instrument is rule-based regulation requiring the addition of nitrification inhibitors to all conventional slurry (rules for organic agriculture do not permit the application of nitrification inhibitors). The only side effect identified is a reduction in nitrate leaching when slurry with nitrification inhibitor is applied to maize on sandy soils. The GHG reduction potential is estimated at 213,000 tonnes CO₂-eq per year in total with 52,000 tonnes CO₂-eq on clay soils and 162,000 tonnes CO₂-eq on sandy soils. The calculated social mitigation costs are DKK 603-1,549/tonne CO₂-eq depending on soil type, inclusion of ancillary benefits and the value of reduced N leaching (DKK 25 or 60/kg N). The lowest GHG mitigation costs of DKK 603/tonne CO₂-eq is found on sandy soil when the shadow price of reduced nitrate leaching is set at DKK 60/kg N.

Conversion of organogenic land to permanent grass

This measure is analysed for three mutually exclusive alternatives, i.e. their reduction potentials are overlapping and therefore not additive.

With termination of drainage and fertilization

The assumed conversion potential is 47,400 ha of organogenic land (35,300 ha arable and 12,100 ha drained permanent grassland) converted to permanent grass with termination of drainage as well as fertilization. The implementation instrument is a break-even subsidy equivalent to the land rent forgone. The reduction in GHG emissions is estimated at 1,352,000 tonnes CO₂-eq per year from 2030 onwards – primarily in the form of reduced decomposition of soil carbon. This is by far the highest reduction potential among the mitigation measures analysed. The social mitigation costs are calculated at DKK 149-273/tonne CO₂-eq depending on the inclusion of ancillary benefits and the value of reduced N leaching. This places conversion of organogenic land as one of the cheapest GHG mitigation measures in the present analysis. However, the aforementioned ceiling on the use of LULUCF credits may be reached through activities in the baseline development path. This would preclude the utilization of LULUCF credits from additional measures. Without the inclusion of soil carbon sequestration, conversion of organogenic land is irrelevant as a GHG mitigation measure because an increase in methane emissions exceeds other emission reductions in terms of nitrous oxide and the CO₂ from reduced fuel use.

With continued drainage and fertilization

This measure entails the conversion of 35,300 ha of arable organogenic land to permanent grass without a termination of drainage and fertilization. As before the implementation instrument is a break-even subsidy equivalent to the land rent forgone. The reduction in GHG emissions is estimated at

355,000 tonnes CO₂-eq per year. The much lower mitigation potential (per ha) relative to the scenario above is due mainly to continued drainage. Social mitigation costs are DKK 636-767/tonne CO₂-eq depending on the inclusion of ancillary benefits. Without soil carbon sequestration, the costs are DKK 8,403-10,136/tonne CO₂-eq. Thus, also in this scenario conversion of arable organogenic land is relevant only if soil carbon sequestration can be included.

Continuation of drainage and discontinuation of fertilization

This measure also entails the conversion of 35,300 ha of arable organogenic land to permanent grass with continued drainage but termination of fertilization. GHG reductions amount to 393,000 tonnes CO₂-eq annually. The increase relative to the scenario above stems from the termination of fertilization, which reduces nitrous oxide emissions. Social mitigation costs are DKK 411-694/tonne CO₂-eq depending on the inclusion of ancillary benefits. If soil carbon sequestration is excluded mitigation costs increase to DKK 2,511-4,327/tonnes CO₂-eq depending on the inclusion of ancillary benefits. As in the other two organogenic land conversion scenarios, this result signifies that the measure is irrelevant without the inclusion of soil carbon sequestration.

References

- Dubgaard, A., Laugesen, F. M., Ståhl, L., Bang, J. R., Schou, E., Jacobsen, B. H., Ørum, J. E. & Jensen, J. D.: *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. 305 s. (IFRO Rapport; Nr. 221), aug. 2013 Frederiksberg. http://curis.ku.dk/ws/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf
- Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2018): *Beregningsmetode til samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler til brug for opnåelse af EU-2030-mål uden for kvotesektor* (Udkast, version 19. januar, 2018)
- Energistyrelsen (2017): Brændselsprisfremskrivning, regneark af d. 5. maj 2017
- Finansministeriet (2017): *Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger*. August 2017. <https://www.fm.dk/publikationer/2017/vejledning-i-samfundsoekonomiske-konsekvensvurderinger>
- Johansson, P.-O. (1993): *Cost-benefit analysis of environmental change*, Cambridge University Press.
- OECD/FAO (2016), "OECD-FAO Agricultural Outlook", *OECD Agriculture statistics* (database). <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>
- Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. og Lassen, J. (2018): *Katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser*. DCA Rapport.

Appendiks 1

Jordrentefremskrivninger

Tabel 1. Vinterhvede 1. års på sandjord

Vinterhvede 1. års på sandjord	'2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig %-vækstrate 2021-2030
Kerne, udbytte	5.380	5.366	5.381	5.395	5.409	5.423	5.437	5.452	5.466	5.480	5.495	0,26
Kerne, pris	136	131	129	127	125	124	122	120	119	117	116	-1,35
Kerne, salg	7.324	7.006	6.930	6.854	6.779	6.705	6.632	6.560	6.488	6.417	6.347	-1,09
Halm, salg/forbrug	1.630	1.669	1.679	1.689	1.700	1.710	1.720	1.730	1.741	1.751	1.762	0,60
Udsæd	547	525	518	511	504	498	491	484	478	471	465	-1,35
Gødning	1.827	1.489	1.499	1.510	1.521	1.532	1.536	1.540	1.544	1.548	1.552	1,39
Pesticider	734	716	716	716	716	716	716	716	716	716	716	0,00
Maskin- og arbejdsomkostninger	4.350	4.033	3.973	3.913	3.854	3.797	3.740	3.684	3.628	3.574	3.520	-1,50
Jordrente	1.514	1.912	1.903	1.893	1.883	1.873	1.870	1.867	1.863	1.860	1.856	-0,33

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Tabel 2. Vinterhvede 2. års på sandjord

Vinterhvede 2. års på sandjord	'2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig %-vækstrate 2021-2030
Kerne, udbytte	4.900	4.888	4.901	4.913	4.926	4.939	4.952	4.965	4.978	4.991	5.005	0,26
Kerne, pris	136	131	129	127	125	124	122	120	119	117	116	-1,35
Kerne, salg	6.672	6.381	6.312	6.243	6.175	6.107	6.041	5.975	5.909	5.845	5.781	-1,09
Halm, salg/forbrug	1.480	1.516	1.525	1.534	1.543	1.552	1.562	1.571	1.581	1.590	1.600	0,60
Udsæd	547	525	518	511	504	498	491	484	478	471	465	-1,35
Gødning	1.917	1.561	1.572	1.583	1.595	1.606	1.610	1.615	1.619	1.623	1.627	1,39
Pesticider	734	716	716	716	716	716	716	716	716	716	716	0,00
Maskin- og arbejdsomkostninger	4.225	3.918	3.859	3.801	3.744	3.688	3.632	3.578	3.524	3.471	3.419	-1,50
Jordrente	748	1.177	1.171	1.165	1.159	1.152	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	-0,22

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Tabel 3. Vårbyg på sandjord

	'2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig %-vækstrate 2021-2030
Vårbyg på sandjord												
Kerne, udbytte	3.860	3.900	3.922	3.944	3.967	3.989	4.012	4.035	4.058	4.081	4.105	0,57 %
Kerne, pris	134	126	124	122	120	118	117	115	113	111	110	-1,49 %
Kerne, salg	5.152	4.902	4.856	4.811	4.766	4.722	4.678	4.634	4.591	4.548	4.506	-0,93 %
Halm, salg/forbrug	1.230	1.260	1.267	1.275	1.282	1.290	1.298	1.306	1.314	1.322	1.329	0,60 %
Udsæd	462	434	428	421	415	409	403	397	391	385	379	-1,49 %
Gødning	1.531	1.265	1.278	1.291	1.304	1.318	1.325	1.333	1.340	1.348	1.356	2,32 %
Pesticider	329	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	0,00 %
Maskin- og arbejdsomkostninger	3.718	3.448	3.396	3.345	3.295	3.246	3.197	3.149	3.102	3.055	3.009	-1,50 %
Jordrente	358	703	710	717	723	728	739	750	760	770	779	1,16 %

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimamini-steriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Tabel 4. Vinterbyg på sandjord

	'2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig %-vækstrate 2021-2030
Vinterbyg på sandjord												
Kerne, udbytte	4.840	4.890	4.918	4.946	4.974	5.002	5.031	5.060	5.088	5.117	5.147	0,57 %
Kerne, pris	134	126	124	122	120	118	117	115	113	111	110	-1,49 %
Kerne, salg	6.476	6.147	6.089	6.033	5.976	5.921	5.866	5.811	5.757	5.703	5.650	-0,93 %
Halm, salg/forbrug	1.450	1.485	1.494	1.503	1.512	1.521	1.530	1.539	1.549	1.558	1.567	0,60 %
Udsæd	490	460	453	446	440	433	427	420	414	408	402	-1,49 %
Gødning	1.889	1.558	1.574	1.590	1.606	1.623	1.632	1.641	1.651	1.660	1.670	2,32 %
Pesticider	635	585	585	585	585	585	585	585	585	585	585	0,00 %
Maskin- og arbejdsomkost- ninger	3.919	3.634	3.579	3.525	3.472	3.420	3.369	3.319	3.269	3.220	3.171	-1,50 %
Jordrente	1.044	1.395	1.392	1.388	1.384	1.380	1.382	1.385	1.386	1.388	1.389	-0,04 %

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimamini-steriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Tabel 5. Vinterraps på sandjord

Vinterraps på sandjord	'2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig %-vækstrate 2021-2030
Frø, udbytte	2.640	2.829	2.859	2.890	2.921	2.952	2.983	3.015	3.047	3.080	3.113	1,07
Frø, pris	299	286	282	278	273	269	265	260	256	252	248	-1,58
Frø, salg	7.871	8.105	8.062	8.019	7.977	7.934	7.893	7.851	7.809	7.768	7.727	-0,53
Udsæd	444	426	419	412	406	399	393	387	381	375	369	-1,58
Gødning	2.083	1.823	1.851	1.879	1.908	1.937	1.957	1.978	1.999	2.021	2.042	3,81
Pesticider	1.114	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095	0,00
Maskin- og arbejdsomkostninger	3.994	3.704	3.648	3.593	3.540	3.486	3.434	3.383	3.332	3.282	3.233	-1,50
Jordrente	254	1.057	1.049	1.039	1.029	1.017	1.013	1.008	1.002	995	988	-0,75

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Tabel 6. Vinterhvede 1. års på lerjord

Vinterhvede 1. års på lerjord	'2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig %-vækstrate 2021-2030
Kerne, udbytte	8.900	8.878	8.901	8.924	8.948	8.971	8.995	9.019	9.042	9.066	9.090	0,26
Kerne, pris	136	131	129	127	125	124	122	120	119	117	116	-1,35
Kerne, salg	12.112	11.590	11.464	11.339	11.215	11.093	10.972	10.852	10.733	10.616	10.500	-1,09
Halm, salg/forbrug	2.370	2.427	2.442	2.456	2.471	2.486	2.501	2.516	2.531	2.546	2.562	0,60
Udsæd	547	525	518	511	504	498	491	484	478	471	465	-1,35
Gødning	2.182	1.780	1.793	1.806	1.818	1.831	1.836	1.841	1.846	1.851	1.856	1,39
Pesticider	734	716	716	716	716	716	716	716	716	716	716	0,00
Maskin- og arbejdsomkostninger	5.163	4.788	4.716	4.645	4.575	4.507	4.439	4.372	4.307	4.242	4.179	-1,50
Jordrente	5.874	6.209	6.163	6.117	6.072	6.027	5.990	5.954	5.918	5.882	5.847	-0,66

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Tabel 7. Vinterhvede 2. års på lerjord

Vinterhvede 2. års på lerjord	'2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig %-vækstrate 2021-2030
Kerne, udbytte	8.080	8.060	8.081	8.102	8.123	8.145	8.166	8.188	8.209	8.231	8.252	0,26
Kerne, pris	136	131	129	127	125	124	122	120	119	117	116	-1,35
Kerne, salg	10.996	10.523	10.408	10.294	10.182	10.071	9.961	9.852	9.745	9.638	9.533	-1,09
Halm, salg/forbrug	2.200	2.253	2.266	2.280	2.294	2.308	2.322	2.336	2.350	2.364	2.378	0,60
Udsæd	547	525	518	511	504	498	491	484	478	471	465	-1,35
Gødning	2.244	1.830	1.843	1.856	1.869	1.883	1.887	1.892	1.897	1.902	1.907	1,39
Pesticider	734	716	716	716	716	716	716	716	716	716	716	0,00
Maskin- og arbejdsomkostninger	4.982	4.620	4.550	4.482	4.415	4.349	4.283	4.219	4.156	4.094	4.032	-1,50
Jordrente	4.706	5.085	5.047	5.009	4.971	4.934	4.905	4.876	4.847	4.819	4.791	-0,66

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimamini-steriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Tabel 8. Vårbyg på lerjord

Vårbyg på lerjord	2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig % vækstrate 2021-2030
Kerne, udbytte	5.760	5.819	5.852	5.886	5.919	5.953	5.987	6.021	6.056	6.090	6.125	0,57
Kerne, pris	134	126	124	122	120	118	117	115	113	111	110	-1,49
Kerne, salg	7.694	7.315	7.247	7.179	7.112	7.046	6.981	6.915	6.851	6.787	6.724	-0,93
Halm, salg/forbrug	1.600	1.638	1.648	1.658	1.668	1.678	1.688	1.699	1.709	1.719	1.729	0,60
Udsæd	462	434	428	421	415	409	403	397	391	385	379	1,49
Gødning	1.605	1.327	1.340	1.354	1.368	1.382	1.390	1.398	1.406	1.414	1.422	2,32
Pesticider	329	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	0,00
Maskin- og arbejdsomkostninger	4.177	3.873	3.815	3.758	3.702	3.646	3.591	3.538	3.484	3.432	3.381	-1,50
Jordrente	2.738	3.007	3.000	2.992	2.984	2.976	2.973	2.970	2.967	2.963	2.960	-0,18

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimamini-steriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Tabel 9. Vinterbyg på lerjord

Vinterbyg på lerjord	2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig %- vækstrate 2021-2030
Kerne, udbytte	7.140	7.213	7.255	7.296	7.338	7.379	7.422	7.464	7.506	7.549	7.592	0,57
Kerne, pris	134	126	124	122	120	118	117	115	113	111	110	-1,49
Kerne, salg	9.553	9.068	8.983	8.899	8.817	8.734	8.653	8.572	8.492	8.413	8.335	-0,93
Halm, salg/forbrug	1.860	1.905	1.916	1.928	1.939	1.951	1.963	1.975	1.986	1.998	2.010	0,60
Udsæd	490	460	453	446	440	433	427	420	414	408	402	-1,49
Gødning	1.984	1.639	1.655	1.672	1.690	1.708	1.718	1.728	1.737	1.747	1.757	2,33
Pesticider	635	585	585	585	585	585	585	585	585	585	585	0,00
Maskin- og arbejdsomkostninger	4.437	4.114	4.053	3.992	3.932	3.873	3.815	3.758	3.701	3.646	3.591	-1,50
Jordrente	3.917	4.174	4.153	4.131	4.109	4.086	4.071	4.056	4.041	4.025	4.010	-0,45

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimamini-steriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Tabel 10. Vinterraps på lerjord

Vinterraps på lerjord	2016' (Gnsn. 2011-2015)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gnsn. årlig %- vækstrate 2021-2030
Frø, udbytte	3.900	4.179	4.224	4.269	4.315	4.361	4.407	4.454	4.502	4.550	4.598	1,07
Frø, pris	299	286	282	278	273	269	265	260	256	252	248	-1,58
Frø, salg	11.628	11.973	11.909	11.846	11.784	11.721	11.659	11.598	11.536	11.475	11.415	-0,53
Udsæd	555	532	524	515	507	499	491	484	476	468	461	-1,58
Gødning	2.343	2.050	2.082	2.113	2.145	2.178	2.201	2.225	2.249	2.273	2.297	3,81
Pesticider	1.137	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	0,00
Maskin- og arbejdsomkostninger	4.350	4.033	3.973	3.913	3.854	3.796	3.740	3.683	3.628	3.574	3.520	-1,50
Jordrente	3.262	4.239	4.213	4.186	4.158	4.129	4.109	4.088	4.065	4.042	4.018	-0,59

Kilde: SEGES Budgetkalkuler (2011-2015), Jensen (2017), OECD/FAO (2016), Energistyrelsens brændelsprisfremskrivning 2017 i Energi-, Forsynings- og Klimamini-steriets regnearksskabelon (2017), samt egne beregninger

Appendiks 2

Biogastilskud og afgiftsbesparelser

Tabel 1. Tilskud til biogasanvendelse

	Samlet tilskud pr. GJ til opgradering	Samlet tilskud pr. GJ biogas til KV v. motoranlæg	Samlet tilskud 26 kr./GJ varme (kedel)	Samlet tilskud pr. GJ biogas til proces
	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ
2021	119,1	89,6	40,5	79,5
2022	115,0	86,0	37,1	76,1
2023	110,9	82,4	33,9	72,9
2024	107,0	79,0	30,8	69,8
2025	103,1	75,6	27,8	66,8
2026	99,6	72,6	25,1	64,1
2027	96,1	69,5	22,3	61,3
2028	92,7	66,6	19,6	58,6
2029	89,4	63,8	17,1	56,1
2030	86,3	61,1	14,6	53,6
2031	83,2	58,4	12,2	51,2
2032	80,8	56,5	10,5	49,5
2033	78,4	54,5	8,8	47,8
2034	76,2	52,7	7,1	46,1
2035	74,0	50,9	5,5	44,5
2036	72,4	49,3	4,0	43,0
2037	72,4	49,3	4,0	43,0
2038	72,4	49,3	4,0	43,0
2039	72,4	49,3	4,0	43,0
2040	72,4	49,3	4,0	43,0
2041	72,4	49,3	4,0	43,0
2042	72,4	49,3	4,0	43,0
2043	72,4	49,3	4,0	43,0
2044	72,4	49,3	4,0	43,0
2045	72,4	49,3	4,0	43,0
2046	72,4	49,3	4,0	43,0
2047	72,4	49,3	4,0	43,0
2048	72,4	49,3	4,0	43,0
2049	72,4	49,3	4,0	43,0
2050	72,4	49,3	4,0	43,0

Kilde: Energistyrelsen (2017d) m.fl.

Tabel 2. Afgiftsbesparelser ved biogasanvendelse i forhold til naturgas

	Samlet afgiftsbe- sparelse ved opgra- deret biogas til na- turgasnettet	Samlet afgiftsbe- sparelse ved biogas til KV	Samlet afgiftsbe- sparelse ved biogas til decentral varme	Samlet afgiftsbe- sparelse ved bio- gas til proces- varme
	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ	kr./GJ
2021	0	31,1	54,4	12,5
2022	0	31,1	54,4	12,5
2023	0	31,1	54,4	12,5
2024	0	31,1	54,5	12,5
2025	0	31,1	54,5	12,6
2026	0	31,1	54,5	12,6
2027	0	31,1	54,5	12,6
2028	0	31,1	54,6	12,6
2029	0	31,2	54,6	12,6
2030	0	31,2	54,6	12,7
2031	0	31,2	54,6	12,7
2032	0	31,2	54,6	12,7
2033	0	31,2	54,7	12,7
2034	0	31,2	54,7	12,7
2035	0	31,2	54,7	12,7
2036	0	31,2	54,7	12,8
2037	0	31,2	54,7	12,8
2038	0	31,2	54,8	12,8
2039	0	31,3	54,8	12,8
2040	0	31,3	54,8	12,8
2041	0	31,3	54,8	12,8
2042	0	31,3	54,8	12,8
2043	0	31,3	54,8	12,8
2044	0	31,3	54,8	12,8
2045	0	31,3	54,8	12,8
2046	0	31,3	54,8	12,8
2047	0	31,3	54,8	12,8
2048	0	31,3	54,8	12,8
2049	0	31,3	54,8	12,8
2050	0	31,3	54,8	12,8

Kilde: Skat (2014;2016), Skatteministeriet (2016a;b;c;d) samt egne beregninger